Alexandru CIORNEI

Cum concepem CONSTRUCTIILE CIVILE

Editura JUNIMEA

Alexandru Ciornei

Cum concepem

CONSTRUCȚIILE CIVILE

Editura JUNIMEA

Control ştiinţific: **Prof. univ. dr. ing. Dan Florin Tudor**
Universitatea Tehnică Timişoara
Prof. univ. dr. ing. Horia Asanache
Universitatea Tehnică de Construcţii Bucureşti

Redactare computerizată:

George Patraşcu
Liviu Lupu
Diana Balint
Vlad Rotariu

Coperta:

Cătălin Soreanu

Redactor: VASILIAN DOBOŞ
Tehnoredactor: MIHAI BUJDEI

Apărut 2000. Format 70x100/16. Coli tipo 26
Bun de tipar la 10.X.2000
Editura "JUNIMEA", B-dul Carol I, Nr. 3-5
IAŞI-ROMÂNIA

Tipărit la S.C. "S.L. & F" S.R.L. IAŞI

ISBN 973-37-0564-0

CUPRINS

Capitolul 1. INTRODUCERE.....11
INTRODUCTION

Capitolul 2. PRODUSUL CLĂDIRE.....14
THE BUILDING PRODUCT
2.1. CLĂDIRE - ADĂPOST.....14
2.2. CARACTERISTICILE PRODUSULUI CLĂDIRE.....15
2.3. ELEMENTELE PRINCIPALE ALE CLĂDIRII.....17

Capitolul 3. PROBLEME ACTUALE ALE CONSTRUCŢIILOR.....18
ACTUAL PROBLEMS FOR BUILDINGS
3.1.ECONOMIA DE ENERGIE.....18
Consumul de energie în construcţii
3.2.CREATIVITATE ÎN CONSTRUCŢII 28
Creativitate de grup. Procesul creativ. Obstacole în creativitate. Tehnici în creativitate.

Capitolul 4. CLASIFICAREA CONSTRUCŢIILOR.....39
CONSTRUCTION CLASIFICATION

Capitolul 5. MOD DE GANDIRE ÎN EVOLUŢIA CONSTRUCŢIILOR.....43
WAY OF THINKING IN CONSTRUCTION EVOLUTION
5.1.PIRAMIDA EGIPTEANĂ.....43
Piramida. Ipoteze de construcţii.
5.2.TEMPLUL GRECIEI ANTICE.....48
Sisteme de execuţie. Ordinul în Grecia Antică. Scara umană.
Modularea. Corecţii optice.Teatrul
5.3.PANTEONUL DIN ROMA ANTICĂ.....54
Sisteme de execuţie. Panteonul.
5.4.BISERICA "SF. SOFIA".....58
Sisteme bizantine de boltire. Biserica bizantină "Sf. Sofia"
5.5.BOLŢILE ROMANICE.....61
Sisteme de execuţie.
5.6.CATEDRALA GOTICĂ.....64
Sisteme de execuţie. Catedrala gotică.
5.7.MĂNĂSTIRILE DIN MOLDOVA.....68
Sisteme de execuţie. Bolţile moldoveneşti. Mănăstirea moldovenească.

Capitolul 6. COORDONAREA MODULARĂ.....73
MODULAR COORDINATION
6.1. GENERALITĂŢI.....73
Coordonarea dimensiunilor. Istoric.
6.2. COORDONAREA MODULARĂ.....74
Utilizare. Sistem spaţial de referinţă. Dimensiuni modulare de coordonare.
Coordonarea dimensiunilor elementelor de construcţie.

Capitolul 7. TOLERANŢE ŞI ABATERI ÎN CONSTRUCŢII 79
DIMENSIONAL TOLERANCE AND DEVIATION IN CIVIL ENGINEERING
7.1. GENERALITĂŢI....79
7.2 TOLERANŢE ŞI ABATERI....79
Capitolul 8. EXIGENŢE ÎN CONSTRUCŢII 84
GENERAL REQUIREMENTS IN CONSTRUCTIONS
8.1.GENERALITĂŢI....84
Cerinţe fiziologice naturale. Cerinţe psiho-sociale. Cerinţe de eficienţă.
Exigenţa utilizatorului. Exigenţa de performanţă. Criteriul de performaţă.
Metode de evaluare a performanţelor.
8.2.PERFORMANŢE ÎN CONSTRUCŢII....85
Exigenţele utilizatorilor în construcţii. Stabilitate şi rezistenţă. Siguranţă la foc.
Siguranţă de utilizare. Etanşeitate. Higrotermice. Ambianţă atmosferică. Acustice.
Vizuale. Tactile. Antropo-dinamice. Igienă. Utilizarea spaţiilor. Durabilitate. Economie.
8.3.APRECIEREA CALITĂŢII CONCEPŢIEI CLĂDIRII....99
Capitolul 9. HIGROTERMICA CLĂDIRILOR 100
HEAT AND MASS TRANSFER IN BUILDINGS
9.I. IZOLARE TERMICĂ....100
9.I.1.GENERALITĂŢI....100
Confortul termic interior. Economia de combustibil pentru încălzire.
9.I.2.TRANSMITEREA CĂLDURII PRIN ELEMENTELE DE CONSTRUCŢIE....101
Modurile de transmisie a căldurii. Conducţie. Convecţie. Radiaţie.
Caracteristici pentru calculul termic. Temperatură. Coeficientul de conductivitate termică.
Capacitate calorică masică. Transferul termic prin elementele de construcţii în straturi.
Determinarea distribuţiei temperaturii. Rezistenţa termică a stratului de aer.
9.I.3.DIMENSIONAREA TERMICĂ A ELEMENTELOR DE CONSTRUCŢIE 107
Calculul pentru perioada de iarnă. Calculul pentru perioada de vară. Inerţie termică. Punţi termice.
9.I.4.CALCULUL COEFICIENTULUI GLOBAL DE IZOLARE TERMICĂ LA CLĂDIRI DE LOCUIT...113
9.II.COMBATEREA UMEZIRII DIN CONDENS....116
9.II.1.GENERALITĂŢI....116
Difuzia vaporilor de apă în clădiri. Fenomenul de condens. Caracteristicile umidităţii aerului.
Valoarea presiunilor parţiale. Variaţia presiunii de saturaţie.
9.II.2.CALCULUL LA CONDENS AL VAPORILOR DE APĂ....121
A.Condensul pe suprafaţa interioară a elementului de construcţie
B.Condensul vaporilor de apă în masa elementului de construcţie
Protecţia împotriva umezirii din condens.
Capitolul 10. IZOLAREA ACUSTICĂ A CLĂDIRILOR 126
SOUND INSULATION IN BUILDINGS
10.1.GENERALITĂŢI....126
Efectele zgomotului. Sunetul ca fenomen fizic. Sunetul ca fenomen fiziologic.
Propagarea sunetelor. Absorbţia acustică.
Modurile de transmisie a zgomotelor. Măsurarea zgomotului.
10.2.IZOLAREA ACUSTICĂ LA ZGOMOT AERIAN....133
Determinarea experimentală la scară naturală a indicelui de atenuare acustică.
Calculul simplificat al indicelui efectiv de izolare acustică.
10.3.IZOLAREA ACUSTICĂ LA ZGOMOTUL DE IMPACT....138

Capitolul 11. ILUMINATUL NATURAL AL CLĂDIRILOR 141
NATURAL LIGHTING
11.1.GENERALITĂŢI.....141
Conceptul de confort luminos. Exigenţe privind iluminatul natural.
Iluminarea naturală exterioară..
11.2.ILUMINATUL INTERIOR NATURAL.....142
Iluminarea naturală verticală prin ferestre.
11.3.CALCULUL ILUMINĂRII NATURALE.....145
Calculul coeficientului bolţii cereşti. Iluminarea indirectă.

Capitolul 12. ACŢIUNI ÎN CONSTRUCŢII 151
CONSTRUCTIONS LOADS
12.1.GENERALITĂŢI 151
Clasificarea încărcărilor. Intensitatea încărcărilor. Grupările de încărcări.
12.2.ÎNCĂRCĂRI PERMANENTE.....154
12.3.ÎNCĂRCARI UTILE.....155
12.4.ÎNCĂRCARI DATE DE ZĂPADĂ 158
12.5.ÎNCĂRCARI DATE DE VANT.....160
Direcţia vântului. Viteza vântului. Presiunea dinamică a vântului.
Presiunea vântului pe clădiri cu răspuns static. Coeficienţi aerodinamici.
Presiunea vântului pe clădiri cu răspuns dinamic. Efectul de rezonanţă.
Deplasarea totală pe orizontală.
12.6.ÎNCĂRCARI DATE DE TEMPERATURA EXTERIOARĂ.....165
12.7.ÎNCĂRCARI SEISMICE.....167
Cutremurele de pământ. Cutremurele moldavice. Scări de intensitate seismică.
Determinarea forţelor seismice.

Capitolul 13. NOŢIUNI DE CALCUL ÎN CONSTRUCŢII.....177
DESIGN NOTIONS IN BUILDINGS
13.1.SIGURANŢA CONSTRUCŢIILOR 177
Istoric. Notiunea de siguranta. Factorii ce conditioneaza siguranta. Conceptul de siguranta.
13.2.METODE DE CALCUL 180
Introducere. Metode deterministe. Metoda rezistentelor admisibile. Metoda la rupere.
Metoda starilor limita. Conceptul de siguranta. Factorul de siguranta la incarcare.
Încarcarea normata. Caracteristica geometrica. Rezistenta normata.
Factorul de siguranta al materialelor. Factorul conditiilor de lucru.

Capitolul 14. FUNDAŢII DE SUPRAFAŢĂ.....188
SURFACE FOUNDATIONS
14.1.GENERALITĂŢI 188
Condiţii pe talpa de fundare. Clasificarea fundaţiilor. Alegerea sistemului de fundare.
14.2.FUNDAŢII RIGIDE 193
Fundatii continue. La cladiri cu putine nivele. Materiale. Fundatii cu rigiditate sporită.
Fundatii sub ziduri despartitoare. Fundatii cu descarcari pe reazeme izolate.
Fundatii bloc si cuzinet. Calculul fundatiilor rigide.
Dimensionarea fundaţiilor sub pereţi. Dimensionarea fundaţiilor sub stâlpi.
Fundatii sub pereti. Fundatii sub stalpi. Limita de aplicabilitate
14.3.FUNDAŢII ELASTICE 204
Fundatii continue sub ziduri. Fundatii izolate sub stalpi.
Calculul fundatiilor elastice Fundatii elastice izolate centrice.
Fundatii elastice izolate excentrice.
Fundatii continue sub siruri de stalpi. Fundatii din grinzi continue incrucisate.

Fundatii radier. Radiere de rezistenţă. Fundatii din elemente prefabricate.

Capitolul 15. HIDROIZOLAŢII LA FUNDAŢII ŞI SUBSOLURI 215
FOUNDATION AND BASEMENT INSULATION

15.1.GENERALITĂŢI....215
Apa, subsolurile şi fundaţiile. Clasificarea hidroizolaţiilor.

15.2.ALCĂTUIRE CONSTRUCTIVĂ....217
Materiale pentru hidroizolatii elastice. Materiale pentru hidroizolatii rigide.
Executia hidroizolatiilor. Pregatirea stratului suport. Executia amorsajului.
Hidroizolatii aplicate prin vopsire. Hidroizolatii orizontale si verticale din straturi multiple.
Hidroizolatii rigide.

15.3.HIDROIZOLAŢII CONTRA UMIDITĂŢII PĂMANTULUI....221
Hidroizolatii orizontale la pereti. Hidroizolatii verticale la pereti. Hidroizolatia pardoselii.

15.4.HIDROIZOLAŢII CONTRA APELOR DIN PĂMANT FĂRĂ PRESIUNE HIDROSTATICĂ....223

15.5.HIDROIZOLAŢII CONTRA APELOR DIN PĂMANT CU PRESIUNE HIDROSTATICĂ....223

15.6.HIDROIZOLAŢII LA CLĂDIRI EXISTENTE....226

15.7.LUCRĂRI DE DRENAJ....228

Capitolul 16. PEREŢI DIN ZIDĂRIE 229
MASONRY WALLS

16.1.GENERALITĂŢI....229
Clasificare pereţi. Exigenţe la pereţi.

16.2.PEREŢI DIN ZIDĂRIE DE PIATRĂ....231
Particularităţi. Reguli constructive. Zidărie din piatră brută cu mortar.
Zidărie din piatră cioplită. Zidărie din piatră de talie

16.3.PEREŢI DIN ZIDĂRIE DE CĂRĂMIDĂ....234
Fabricarea cărămizilor. Caracteristicile cărămizilor. Tipuri de cărămizi. Mortar de legătură.
Ţeserea zidăriilor. Zidărie cu cărămizi găurite. Zidărie cu goluri.

16.4.PEREŢI DIN ZIDĂRIE ARMATĂ....240
Zidărie cu armare transversală. Zidărie cu armare longitudinală.

16.5.PEREŢI DIN ZIDĂRIE MIXTĂ....242
Zidărie mixtă din piatră şi beton. Zidărie mixtă din cărămidă şi beton.
Zidărie mixtă din cărămidă şi piatră. Zidărie mixtă din cărămidă, piatră şi beton.

16.6.IZOLAREA TERMICĂ A PEREŢILOR DE ZIDĂRIE....243

16.7.PEREŢI DIN BETON CELULAR AUTOCLAVIZAT (b.c.a) 245

16.8.CLĂDIRI CU PEREŢI STRUCTURALI DIN ZIDĂRIE....246
Pereţi portanţi din zidărie. Pereţii din zidărie întărită cu stâlpişori din beton armat.

16.9.ELEMENTE CONSTRUCTIVE LA ZIDĂRII....250
Centură. Stâlpişor din beton armat. Buiandrug. Soclu. Cornişa. Solbanc.

16.10.ROSTURI DE DEFORMAŢIE....254
Rosturi de dilataţie. Rosturi de tasare. Rosturi antiseismic.
Etanşarea rosturilor de deformaţie.

Capitolul 17. MECANICA ZIDĂRIILOR....257
MASONRY MECHANICS

17.1.GENERALITĂŢI....257
Caracteristicile mecanice şi de deformare.

17.2.CALCULUL SECŢIUNILOR DE ZIDĂRIE SIMPLĂ....261
Calculul la compresiune centrică. Determinarea coeficientului de flambaj.
Calculul la compresiune excentrică. Calculul la compresiune locală (strivire).
Plăcile de rezemare din beton armat. Calculul la întindere. Calculul la forfecare.

17.3.CALCULUL ZIDĂRIEI ARMATE....272
Calculul la compresiune centrică şi excentrică.

Elementele de zidărie armate transversal comprimate centric
Calculul secţiunilor din zidărie armată transversal la compresiune cu excentricitate mică.
17.4.CALCULUL ZIDĂRIEI MIXTE....273
Calculul la compresiune centrică şi excentrică.
Calculul secţiunilor de zidărie mixtă la compresiune centrică.
Pereţii din zidărie mixtă, solicitaţi la compresiune cu excentricitate mică.
Secţiunile din zidărie mixtă la compresiune cu excentricitate mare.
17.5.CALCULUL STRUCTURILOR DIN ZIDĂRIE LA ÎNCĂRCĂRI VERTICALE ŞI ORIZONTALE...275
Calculul la capacitatea de rezistenţă la compresiune excentrică a zidăriei simple.
Calculul la capacitatea portantă la compresiune excentrică
a zidăriei întărită cu stâlpişori din beton armat.

Capitolul 18. PEREŢI DIN BETON ARMAT 281
REINFORCED CONCRETE WALLS
18.I.PEREŢI DIN BETON ARMAT MONOLIT....281
18.I.1.GENERALITĂŢI....281
Avantaje. Tipuri de structuri. Structura de tip fagure. Structura tip celular.
18.I.2.ALCĂTUIRE CONSTRUCTIVĂ....282
Pereţi exteriori. Pereţi interiori. Armarea pereţilor.
18.I.3.TEHNOLOGIE DE EXECUŢIE....286
Cofraje de inventar. Cofraje metalice plane şi spaţiale.
Execuţia planşeelor la structuri cu diafragme.
18.I.4.ELEMENTE GENERALE DE CALCUL....290
18.II.PEREŢI DIN BETON ARMAT PREFABRICAT....295
18.II.1.GENERALITĂŢI....295
Pereţi din panouri mari. Alcătuirea panourilor.
18.II.2.ÎMBINAREA PANOURILOR....298
Îmbinarea de rezistenţă. Reducerea punţilor termice. Etanşarea rosturilor.
18.II.3.ELEMENTE GENERALE DE CALCUL....307
Îmbinare pe contur. Îmbinarea la colţuri.

Capitolul 19. PEREŢI INTERIORI DE COMPARTIMENTARE....310
PARTITION INNER WALLS
19.1.GENERALITĂŢI....310
19.2.EXIGENŢE....310
Comportarea la şoc. Legăturile cu structura de rezistenţă. Siguranţa la foc.
Etanşeitatea pereţilor interiori. Etanşeitatea la apă. Etanşeitatea la aer.
Capacitatea de izolare termică. Capacitatea de izolare la zgomot aerian.
19.3.PEREŢI DIN AZBOCIMENT....314
19.4.PEREŢI DE COMPARTIMENTARE DIN STICLĂ....316
19.5.PERETI DIN LEMN....316
19.6.PEREŢI DIN MASE PLASTICE....320
19.7.PEREŢI DIN SCHELET ŞI PLĂCI DIN IPSOS ARMAT....321

Capitolul 20. PEREŢI EXTERIORI TIP CORTINĂ....325
SUSPENDED EXTERNAL WALLS
20.1.GENERALITĂŢI....325
Alcătuire constructivă.
20.2.COMPORTARE LA ACŢIUNI EXTERIOARE....327
20.3.ETANŞEITATEA....329
20.4.COMPORTAREA HIGROTERMICĂ....331
20.5.IZOLAŢIA ACUSTICĂ....331
20.6.REZISTENŢA LA FOC....332

20.7.MONTAJUL PEREŢILOR CORTINĂ....332
Caracteristicile principale

Capitolul 21. ELEMENTE SPAŢIALE....334
SPACE ELEMENTS

21.1.GENERALITĂŢI....334
Avantajele elementelor spaţiale. Rosturile elementelor spaţiale.

21.2.CONCEPŢIA CLĂDIRILOR DIN ELEMENTE SPAŢIALE....336
Tipuri de elemente spaţiale.

Capitolul 22. PLANŞEE 341
FLOORS

22.1.GENERALITĂŢI....341
Alcătuirea generală a planşeului. Pardoseala. Tavanul.
Structura de rezistenţă. Exigenţele planşeului.

22.2.PLANŞEE DIN LEMN....343
Alcătuire constructivă . Grinzi din lemn.

22.3.PLANŞEE METALICE....345
Motivaţia utilizării. Alcătuirea planşeelor metalice. Grinzile metalice portante.
Elemente de umplutură. Planşee din profile cu pereţi subţiri.

22.4.PLANŞEE CERAMICE....348
Caracteristicile planşeelor ceramice . Corpurile ceramice. Tipuri de planşee ceramice:
Planşee cu corpuri ceramice alăturate şi nervuri dese betonate.
Planşee cu grinzi ceramice şi corpuri de umplutură cermice.
Planşee cu grinzi din beton armat şi corpuri ceramice aşezate intermediar
Planşee cu scânduri ceramice pretensionate şi corpuri ceramice.

22.5.PLANŞEE DIN BETON ARMAT PREFABRICAT....352
Planşee tip fâşie. Tipuri de planşee fâşie. Planşee tip cheson. Caracteristici.
Planşee tip fâşii cu goluri. Principii de calcul. Planşee din elemente din beton precomprimat.
Planşee din fâşii din corpuri ceramice alăturate. Planşee prefabricate din panouri mari.
Planşee din fâşii din corpuri ceramice alăturate.
Planşee prefabricate din panouri mari. Alcătuire constructivă. Principii de calcul.
Planşee cu predală prefabricată din beton armat.

22.6.PLANŞEE DIN BETON ARMAT MONOLIT....361
Planşee cu grinzi principale şi secundare. Placa planşeului. Placă armată după o direcţie.
Placă armată după două direcţii. Grinzile planşeului. Planşee - reţele de grinzi (casetate).
Planşee tip ciuperci. Elemente constructive. Capitelul. Planşee - dală.

Capitolul 23.SCĂRI....370
STAIRS

23.1.GENERALITĂŢI....370
Clasificare. Casa scării.

23.2.ELEMENTE COMPONENTE....371
Treaptă. Contratreaptă. Rampa. Grindă de vang. Podest. Balustradă. Mână curentă.

23.3.DIMENSIONARE FUNCŢIONALĂ....373

23.4.SCĂRI EXTERIOARE LA CLĂDIRI....376
Scări de piatră. Scări din beton.

23.5.SCĂRI INTERIOARE DIN LEMN....376

23.6.SCĂRI INTERIOARE DIN METAL....377

23.7.SCĂRI INTERIOARE DIN BETON ARMAT....378
Scări din beton armat monolit. Rezemarea longitudinală a rampei.
Rezemarea transversală a rampei. Trepte. Scări cu placă treaptă-contratreaptă.
Scări din beton armat prefabricat. Finisarea scârilor din beton armat.

23.8.ELEMENTE GENERALE DE CALCUL.....382

Capitolul **24. ACOPERIŞURI** 385

ROOFS

24.1.GENERALITĂŢI.....385

24.2.ACOPERIŞURI CU SUPRAFEŢE PLANE ÎNCLINATE 386

Şarpante din lemn. Şarpante cu căpriori. Şarpante pe scaune.
Şarpante cu macaz.Încheierea şarpantelor. Principii de calcul ale şarpantelor.
Verificare de rezistenţă. Asterială. Căpriori. Pane. Popi. Verificare la rigiditate.
Grinzi cu zăbrele din lemn. Alcătuire constructivă. Calculul grinzilor cu zăbrele.
Grinda triunghiulară mixtă. Calculul eforturilor.

24.3.ÎNVELITORI PENTRU ACOPERIŞURI CU SUPRAFEŢE PLANE ÎNCLINATE.....400

Învelitori ceramice. Învelitori din azbociment. Învelitori din tablă. Învelitori bitumate.
Accesorii ale învelitorilor. Jgheaburi. Burlane Reabilitarea termică a acoperişurilor cu pod.

24.4.ACOPERIŞURI TIP TERASĂ.....411

Comportarea higrotermică a acoperişurilor duble.
Acoperişuri calde tip terasă. Elemente componente, materiale. Planşeul. Strat de egalizare.
Barieră de vapori. Strat de difuzie. Strat termiozolant. Protecţia termoizolaţiei.
Betonul de pantă. Suportul hidroizolaţiei. Hidroizolaţie. Protecţia hidroizolaţiei.
Alcătuire constructivă şi tehnologie de execuţie. Hidroizolaţia. Termoizolaţia.
Strat de difuzie. Bariera contra vaporilor. Condiţii de execuţie. Racordarea învelitorii

BIBLIOGRAFIE.....425

Capitolul

1

INTRODUCERE

Concepţia construcţiilor civile trebuie să asigure, în principal, calitatea vieţii şi activităţii oamenilor.

Calitatea concepţiei construcţiilor civile este exprimată pe baza cerinţelor şi criteriilor de performanţă ce trebuie respectate pentru a satisface exigenţele celor ce utilizează clădirile.

Acastă calitate este materializată printr-o funcţionalitate adecvată, tehnologie de execuţie simplă, cu costuri minime şi o eficienţă economică ridicată în exploatare.

Siguranţa şi rezistenţa structurilor clădirilor civile va fi asigurată printr-o concepţie clară, determinată de principalii factori ce o influenţează - încărcări, funcţiune, condiţii naturale de amplasament (în special de natura terenului de fundare, dar şi de mediul înconjurător natural sau construit) şi de aspectele de eficienţă economică.

Prezenta lucrare oferă cunoştinţele şi datele necesare realizarii unui mod de gândire eficace privind concepţia, alcătuirea constructivă şi calculul principalele elementelor ale construcţiilor civile.

Lucrarea e susţinută de un bogat material grafic. Prezentarea grafică, prin viziune didactică şi inginerească, oferă lucrării expresivitate în abordarea concepţiei clădirilor civile.

Datorită ariei largi şi caracterului complex al tematicii, lucrarea este structurată in 24 de capitole.

În prima parte sunt dezvoltate caracteristicile produsului clădire, precum şi unele probleme actuale ale construcţiilor civile: economia de energie şi creativitatea în construcţii.

Micşorarea consumului de energie în exploatarea clădirilor, prin izolarea termica suplimentară, va conduce la o economie substanţială de combustibil utilizat la încălzirea clădirilor în exploatare şi o atenuare a poluării mediului.

Utilizarea creativităţii de grup, în construcţii (inginer-proiectant,executant, arhitect, inginer-instalator, utilizator, proprietar) poate genera idei noi la concepţia clădirilor, care să satisfacă o arie cât mai mare de exigenţe.

În continuarea lucrării este prezentată clasificarea construcţiilor, în vederea realizării unei bune documentări cu ajutorul băncilor de date şi bibliotecilor. O clasificare generală împarte construcţiile în clădiri şi construcţii inginereşti.

În vederea extrapolării unor idei remarcabile se tratează modul de gândire în evoluţia construcţiilor. În acest capitol s-au prezentat şi comentat o serie de sisteme de concepţie şi execuţie a unor importante edificii din istoria construcţiilor.

Tratarea unor probleme generale de teoria şi tehnica construcţiilor, cum sunt coordonarea modulară, toleranţe şi abateri în construcţii oferă date importante privind concepţia clădirilor din elemente prefabricate.

Asigurarea calităţii clădirilor constă în satisfacerea, pe durata de exploatare a acestora, a cerinţelor utilizatorilor. În acest scop, sunt analizate exigenţele de calitate referitoare la: stabilitate şi rezistenţă, siguranţă la foc, higrotermică, acustică, igienă şi eficienţă economică.

În partea de fizica construcţiilor s-a urmărit aprofundarea problemelor de higrotermică, izolare acustică şi iluminatul natural al clădirilor. Higrotermica clădirilor tratează izolarea termică şi combaterea umezirii din condens la construcţii. Într-o formă concisă se prezintă fenomenele de transfer de căldură şi de vapori prin elementele de construcţie şi influenţa acestora asupra concepţiei şi alcătuirii elementelor anvelopei.

Izolarea acustică a clădirilor prezintă elemente generale ale sunetului ca fenomen fizic şi fiziologic. Se analizează principalele aspecte privind izolarea acustică a clădirilor la zgomot aerian şi de impact.

În scopul realizării exigenţelor vizuale, capitolul despre iluminatul natural al clădirilor prezintă conceptul de confort luminos şi calculul iluminatului interior natural.

Pentru concepţia şi calculul construcţiilor civile, în capitolele acţiuni şi noţiuni de calcul în construcţii sunt prezentate încărcările ce acţionează asupra clădirilor, dar şi factorii ce condiţionează siguranţa acestora şi metodele de calcul pentru asigurarea exigenţei de stabilitate şi rezistenţă.

În continuarea lucrării se prezintă principalele elemente de construcţie, din clădirile civile, sub aspectul exigenţelor specifice alcătuirii curente, a tehnologiei de execuţie, a elementelor de calcul şi a eficienţei economice. Prezentarea a fost realizată în ordinea execuţiei, de la fundaţii la acoperiş.

Prima parte descrie infrastructura construcţiilor civile, prin tratarea fundaţiilor de suprafaţă şi hidroizolaţiilor la fundaţii şi subsoluri.

Suprastructura clădirii începe cu prezentarea şi analiza pereţilor din zidărie, concepuţi din materiale şi alcătuiri constructive diferite, pentru mărirea capacităţii portante a acestora, în vederea micşorării factorului de risc şi satisfacerii exigenţei de siguranţă şi rezistenţă.

În capitolul mecanica zidăriilor se prezintă calculul structurilor din pereţi portanţi din zidărie, ţinând seama de progresele realizate în domeniul mecanicii construcţiilor.

Pentru o abordare mai largă a structurilor din pereţi portanţi se prezintă şi se analizează diafragmele din beton armat monolit şi pereţii din beton armat prefabricat (panouri mari).

În vederea unei prezentări complexe a pereţilor ca elemente de compartimentare interioară (din diverse materiale şi soluţii multiple) şi ca elemente de închidere (anvelopă), sunt tratate prin prisma satisfacerii principalelor exigenţe ale utilizatorilor.

În capitolul elemente spaţiale se prezintă avantajele, tipurile şi concepţia clădirilor alcătuite din aceste elemente moderne.

Capitolul planşee începe prin prezentarea generală a acestui element structural de construcţie, continuând cu descrierea şi implicaţiile asupra concepţiei şi domeniilor de folosire a planşeelor din diverse materiale: lemn, metal, beton armat prefabricat şi monolit, încheindu-se cu elemente generale de calcul.

În continuare, în capitolul scări, se prezinta proiectarea şi exigenţele casei scării, elementele componente ale scărilor şi dimensionarea funcţională a acestora. Se continuă cu descrierea modului de concepţie a scărilor din lemn, metal şi beton armat. Pentru asigurarea exigenţei de stabilitate şi rezistenţă a scărilor se tratează elementele generale de calcul a acestora.

Ultimul capitol cuprinde prezentarea concepţiei acoperişurilor cu suprafeţe plane înclinate, prin tratarea structurii de rezistenţă (şarpante din lemn, grinzi cu zăbrele din lemn - alcătuire constructivă şi calcul) şi a învelitorilor din diverse materiale. Se continuă cu prezentarea acoperişurilor tip terasă prin descrierea alcătuirii constructive, comportării higrotermice şi tehnologiei de execuţie.

Cartea este utilă atât inginerilor constructori, în activitatea de concepţie, execuţie, exploatare, precum şi studenţilor de la facultăţile de construcţii şi arhitectură.

Capitolul

2

PRODUSUL CLĂDIRE

Ştiinţa construcţiilor aparţine domeniului ştiinţelor tehnice şi are ca obiectiv studiul construcţiilor (materiale, tehnologii, metode de calcul), proiectarea clădirilor (alcătuirea constructivă, calculul structurilor de rezistenţă şi a elementelor neportante, calculul economic), execuţia construcţiilor cât şi urmărirea în exploatare a acestora.

2.1. CLĂDIRE - ADĂPOST

Clădirile fac parte din necesităţile importante ale omului, alături de hrană şi îmbrăcăminte (fig. 2.1).

Clădirile sunt obiecte destinate adăpostirii oamenilor, animalelor, instalaţiilor tehnologice, depozitării materialelor sau asigurării desfăşurării unor activităţi umane, culturale, de transport, producere de energie. Clădirile, în care oamenii îşi petrec aproape toată viaţa, sunt destinate muncii (clădiri administrative, industriale), odihnei pasive (clădiri de locuit, hoteluri, cămine) sau odihnei active, în care se desfăşoară activităţi cultural-sportive (teatre, cinematografe, săli polivalente).

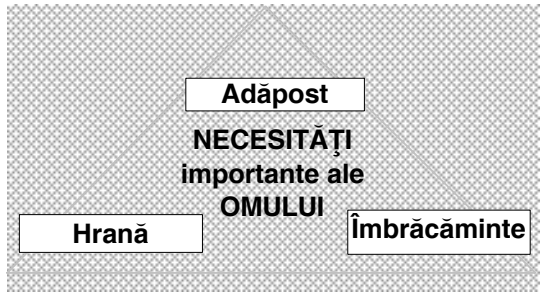


Fig. 2.1 Necesităţile importante ale omului. Clădire - adăpost.

Clădirea delimitează un anumit spaţiu prevăzut suplimentar cu instalaţii, cu scopul de a crea condiţii necesare realizării funcţiunilor pentru care a fost concepută. Gama variată a instalaţiilor va favoriza satisfacerea cerinţelor utilizatorilor clădirii.

Instalaţiile în clădiri sunt de: distribuţie şi evacuare a apei, încălzire şi ventilaţie, distribuţie gaze, electrice, telecomunicaţii, transport mecanic, electromecanic, transport pneumatic, prin gravitaţie şi de protecţie. (fig. 2.2)

Fig. 2.2 Instalaţiile cuprinse în clădiri

2.2. CARACTERISTICILE PRODUSULUI CLĂDIRE

Caracteristicile produsului clădire sunt prezentate în figura 2.3.

Clădirea este un produs scump, datorită faptului că transportă şi manipulează o cantitate mare de materiale şi elemente de construcţii cu forme şi dimensiuni diferite.

La preţul ridicat al clădirilor participă şi energia înglobată în materiale, (energointensive), în tehnologia de execuţie. O cantitate apreciabilă de energie este consumată în timpul exploatării prin arderea combustibilului necesar încălzirii clădirilor în anotimpurile reci. Aceasta se va micşora prin izolarea termică suplimentară a clădirii.

Clădirile trebuie concepute astfel încât să răspundă într-o proporţie cât mai mare la o gamă largă de exigenţe.

În vederea micşorării costului de investiţie al clădirii, cu acordul beneficiarului, şi fără a afecta cerinţele principale a clădirii se pot concepe o serie de elemente de construcţii cu un preţ mai scăzut, care pot fi înlocuite în timpul exploatării clădirii.

Concepţia economică a produsului clădire este o lege a progresului, impusă de necesitatea reducerii continue a efortului uman dar şi a creşterii eficacităţii rezultatelor acestui efort. Risipa în concepţia clădirilor poate rezulta din orgoliu, lipsă de cultură sau simţ al măsurii.

Eficienţa economică a unei clădiri trebuie privită în ansamblul realizării ei, ceea ce înglobează concepţia, execuţia şi exploatarea.

Produsul clădire trebuie să fie durabil, deci să-şi păstreze caracteristicile pe toată durata de exploatare, la acţiunile distructive şi agresive ale mediului. De exemplu, asupra elementelor de construcţie acţionează căldura datorată razelor solare (variaţii bruşte sau repetate ale temperaturii), manifestându-se prin dilatarea sau contracţia termică a acestor elemente.

Acţiunea chimică din mediul înconjurător (poluare, umiditate) se manifestă de la simpla degradare

superficială, până la atacul în profunzime (coroziune). Aceasta conduce la degradarea şi distrugerea unor elemente de construcţie. Acţiunea depinde de natura materialelor dar şi de caracteristicile şi condiţiile în care se desfăşoară acţiunile agresive (poluarea).

Descărcările electrice ale trăsnetului asupra clădirilor pot produce crăpături sau aprinderea elementelor din lemn. În cazul elementelor din beton se produc exfolieri la suprafaţa acestora (coşuri de fum, piloni fără instalaţii protectoare).

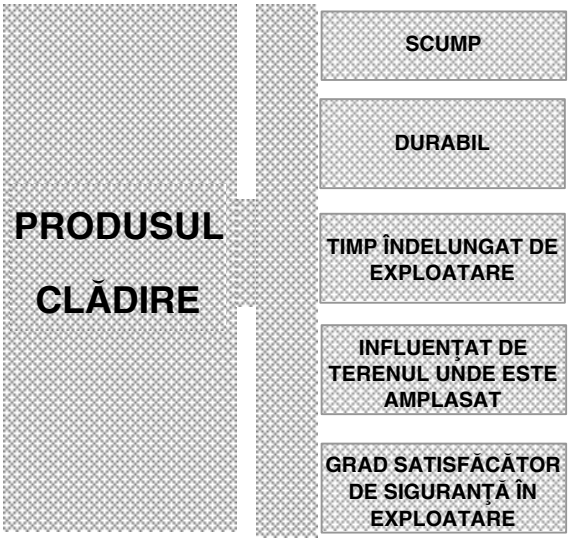


Fig. 2.3 Schema caracteristicilor produsului clădire

Acţiunile mecanice repetate pot cauza unor fenomene de uzură sau oboseală, la eforturi mai mici decât sarcina critică de rupere, care conduc la distrugeri din cauza oboselii.

Asupra elementelor din lemn mai operează acţiunea biologică (bacterii, ciuperci), acţiune ce depinde de natura lemnului, de natura agentului biologic, de umiditate dar şi de temperatură. Durabilitatea lemnului este scăzută în spaţii cu aer închis, umede (subsoluri, tuneluri).

Piatra naturală este un material de construcţie asupra căreia a fost testată, de-a lungul secolelor, acţiunea distructivă şi agresivă a mediului exterior. Umiditatea din terenul de fundare acţionează mai agresiv asupra pietrelor cu porozitate deschisă. La degradarea pietrei mai acţionează agenţii chimici din atmosfera poluată (bioxid de sulf sau bioxid de carbon) care în prezenţa apei acţionează sub formă de acizi.

Agenţii agresivi din atmosferă produc coroziunea elementelor metalice, reducând secţiunea, micşorând astfel capacitatea portantă.

Timpul îndelungat de exploatare a clădirii este influenţat de concepţia, execuţia şi calitatea materialelor. Timpul de exploatare a clădirilor variază între 50-100 ani. În perioada de exploatare a unei clădiri, acţiunea seismică de intensitate peste gradul 7 în scara Richter, poate surveni o dată sau chiar de mai multe ori. Cutremurele pot produce avarii importante sau chiar prăbuşirea clădirilor.

Natura terenului de fundaţie, de pe amplasamentul clădirii, influenţează concepţia infrastructurii (fundaţii de mică adâncime sau de adâncime) ce poate

conduce la costuri suplimentare de investiţie.

Îmbunătăţirea terenului de fundare, de exemplu, la terenurile sensibile la înmuiere, conduce la investiţii suplimentare.

Adâncimile mari de umplutură sau cota ridicată a apei subterane de pe amplasamentul clădirii vor influenţa concepţia infrastructurii clădirii şi costurile iniţiale ale acesteia.

În aceste cazuri este necesar, după analiza studiului geotehnic, o abordare raţională şi eficientă a sistemului de fundare.

În vederea realizării unui grad satisfăcător de siguranţă în exploatare, clădirea este concepută astfel încât capacitatea portantă a elementelor structurale să fie mai mare ca încărcările ce o acţionează.

2.3. ELEMENTELE PRINCIPALE ALE CLĂDIRII

Clădirile sunt compuse din:

- structura de rezistenţă (fundaţii, stâlpi şi grinzi sau pereţi portanţi, planşee, scări, acoperiş);
- elemente de compartimentare sau închidere, orizontale sau verticale (pereţi neportanţi, tavane cu diverse funcţiuni, tâmplărie);
- elemente de finisaj (tencuieli, placaje, pardoseli);

Elementele componente ale clădirii au rol de a satisface exigenţele utilizatorilor.

Stuctura de rezistenţă asigură preluarea şi transmiterea eforturilor produse de încărcările ce acţionează asupra clădirii, spre infrastructura acesteia şi în final la terenul de fundare.

Elementele de compartimentare interioară verticale şi orizontale au rolul de a asigura o izolare acustică satisfăcătoare şi o bună rezistenţă la foc, având în acelaşi timp un aspect estetic adecvat.

Elementele de închidere neportante sau portante de la exteriorul clădirii vor asigura o rezistenţă termică ridicată, pentru realizarea exigenţei de confort dar şi a economiei de energie în exploatare, materializată prin combustibilul consumat pentru încălzire.

Finisajele au rol estetic şi de protecţie a elementelor structurale sau nestructurale la lovituri mecanice, la foc, etc.

Capitolul

3

PROBLEME ACTUALE ALE CONSTRUCŢIILOR

3.1 ECONOMIA DE ENERGIE

Energia în construcţii. Importanţa energiei, ca trăsătură de bază a societăţii, a fost scoasă în evidenţă de embargoul petrolului din 1973. Acesta a prilejuit declanşarea unei crize energetice mondiale, moment esenţial pentru căutarea metodelor de economisire a energiei. În contextul general de economisire a consumului de energie, şi în domeniul construcţiilor au apărut studii cu privire la consumul de energie, metode de reducere şi economisire a energiei.

Energia este mărimea ce caracterizează posibilitatea sistemelor de a efectua un lucru mecanic.

Energia primară este obţinută prin utilizarea combustibililor clasici (cărbune, petrol, gaz metan) şi a combustibililor noi (energie nucleară, solară, eoliană, hidraulică), pentru producerea formelor de energie necesară consumatorilor.

Energia secundară este dată de combustibilii prelucraţi (cocs, gaz de iluminat), la care se adaugă şi energia electrică.

Energia netă este cea ajunsă la consumatori, în urma pierderilor de la obţinerea energiei secundare şi de la distribuirea ei.

În sistemul internaţional de unităţi, energia este măsurată în Joule (J). În mod uzual, se foloseşte ca unitate de măsură kilogramul (tona) de combustibil convenţional. Acest combustibil fictiv are o putere calorică sub 7000 kcal/kg (kg.c.c sau t.c.c). Echivalenţa între energia exprimată în Joule şi kilogramul

de combustibil convenţional este data prin relaţia:

$J = 3{,}41.10^{-8}$kg.c.c (1kwh = $1{,}22.10^{-1}$ kg.c.c).

Consumul de energie în construcţii este aproximativ 40% din totalul de energie primară care, în rest, este consumată în industrie 40% şi transporturi 20%.

Energia în construcţii poate fi defalcată în consumul iniţial de energie necesar realizării clădirilor, la care se adaugă consumul de energie din perioada de exploatare.

Consumul iniţial de energie se compune din: energia utilizată în industria materialelor de construcţii; energia unor materiale de construcţii stabile (bitum lemn); energia necesară extragerii unor materiale (agregate); energia consumată pentru transportul materialelor şi prefabricatelor; energia folosită în procesele tehnologice şi cea consumată pentru realizarea clădirilor pe timp friguros. Exemple de consum de energie primară la materialele de construcţii: pietriş - 9,2 kg.c.c/m^3; ciment - 225 kg.c.c/t; ipsos - 96 kg.c.c/t; bitum - 1750 kg.c.c/t; beton - 90 kg.c.c/m^3 (monolit) şi 165 kg.c.c/m^3 prefabricat; oţel beton - 1500 kg.c.c/t; zidărie de cărămidă - 165 -180 kg.c.c/m^3 ; zidărie b.c.a - 70-75 kg.c.c/m^3.

Consumul de energie primară în perioada de exploatare a locuinţelor se compune din: încălzirea staţiilor din locuinţe (65%); încălzirea apei (15%); iluminarea şi aparatură casnică (15%); aparatura bucătăriei (5%).

Se observă că încălzirea spaţiilor din locuinţe reprezintă componenta cea mai importantă a consumului de energie din exploatare. S-a constatat că energia consumată în timpul exploatării unei clădiri este aproximativ 80% din energia totală.

Măsuri pentru reducerea consumului de energie în construcţii. Micşorarea consumului de energie în construcţii trebuie realizată în concordanţă cu satisfacerea condiţiilor de confort higrotermic.

Printre căile ce se impun, pentru reducerea energiei primare iniţiale şi cea de exploatare, se numără:

- restrîngerea utilizării materialelor energo-intensive;
- dezvoltarea tehnologiilor de valorificare a resurselor energetice neconvenţionale (energia solară, eoliană, geotermală);
- micşorarea pierderilor de căldură la clădiri (fig.3.1; fig.3.2);

La clădirile de locuit, pierderile de căldură pot fi micşorate prin:

- optimizarea suprafeţei vitrate, ştiind că rezistenţa termică a peretelui opac este aproximativ de două ori mai mare decît a suprafeţei vitrate;
- folosirea ferestrelor cu rezistenţă termică şi etanşare îmbunătăţită alcătuită dintr-un număr mărit de straturi de sticlă şi garnituri de etanşare eficiente;
- micşorarea lungimii rosturilor, prin care se infiltrează un volum prea mare de aer;

Pierderi de căldură prin elemente de construcţii şi instalaţiile unei clădiri

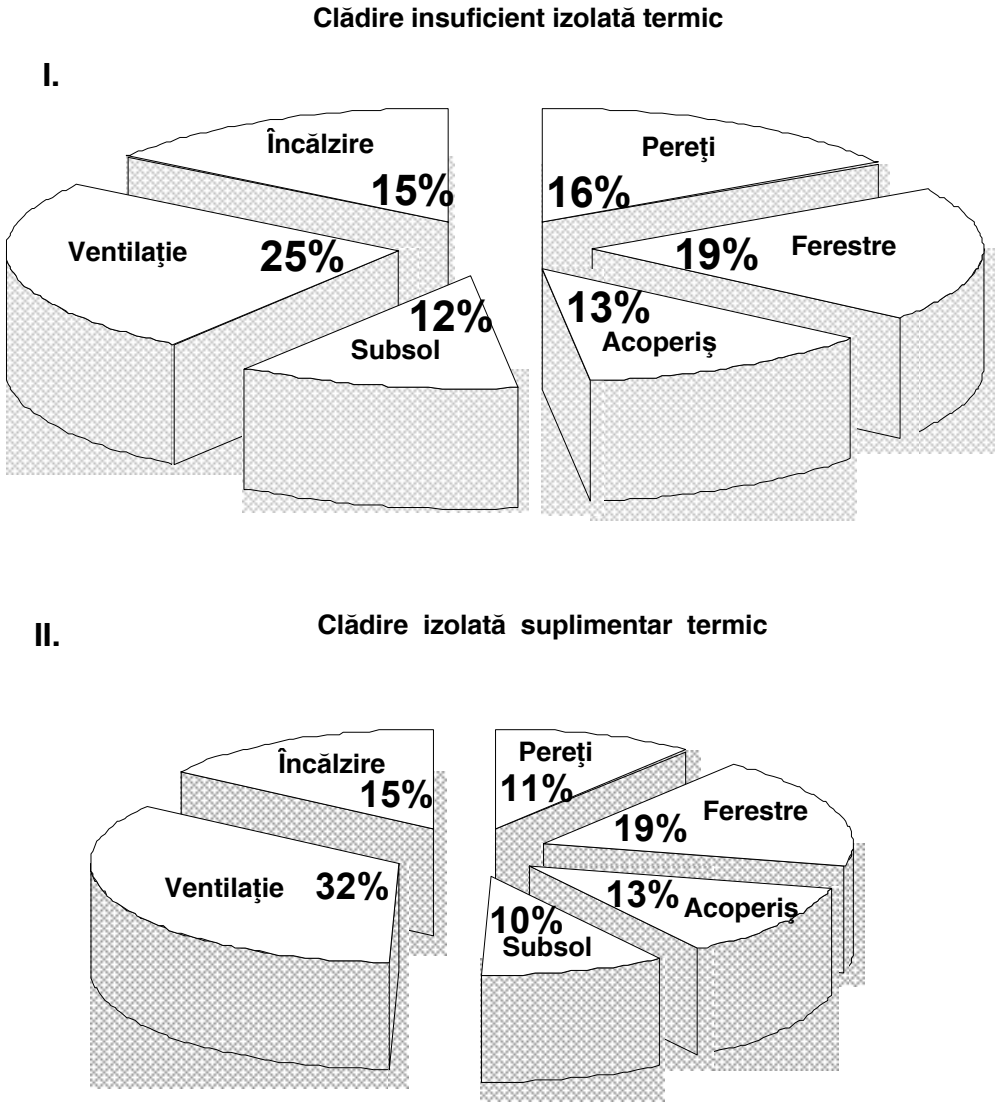
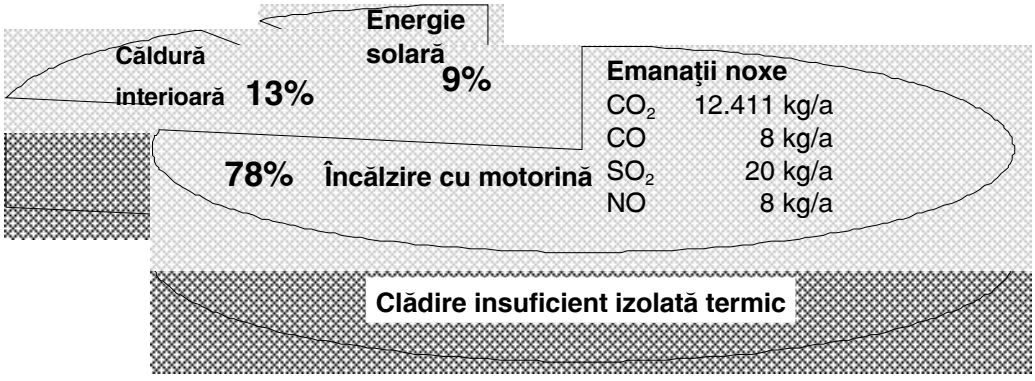


Fig. 3.1 Pierderile de căldură la o clădire prin elementele de construcţii ale anvelopei şi prin instalaţii. I. Clădire insuficient izolată termic. II. Clădire izolată suplimentar termic

Aportul de energie pentru încălzirea unei clădiri

I. **Clădire insuficient izolată termic**



II. **Clădire izolată suplimentar termic**

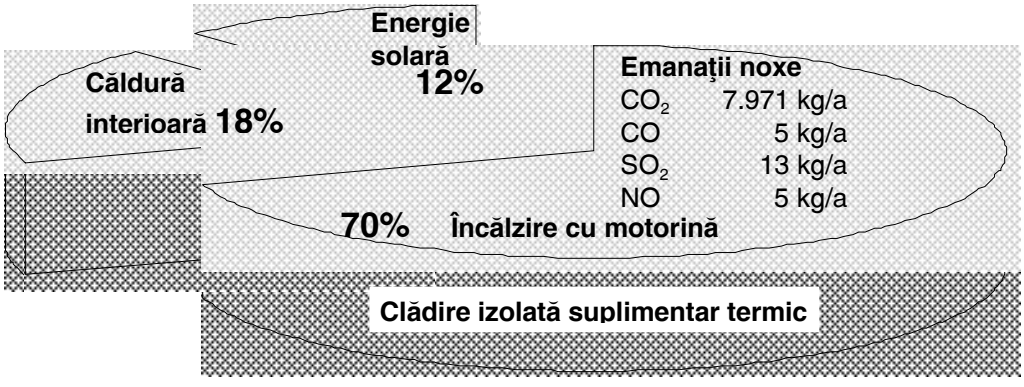


Fig. 3.2. Aportul de energie pentru încălzirea unei clădiri şi emanaţiile de noxe. I. Clădire insuficient izolată termic. II. Clădire izolată suplimentar termic

- creşterea izolării termice a pereţilor exteriori şi acoperişului (anvelopa clădirii);
- micşorarea lungimii punţilor termice în cadrul anvelopei clădirii.

Grosimea izolaţiei termice, pozată la exterior, rezultă dintr-un calcul de amortizare a valorii acesteia, din micşorarea consumului de combustibil utilizat la încălzire în timpul exploatării clădirii.

Orientarea clădirilor va influenţa şi ea confortul termic din clădire. De exemplu, ferestrele orientate spre sud vor acumula (în timpul verii) mai multă energie decît vor pierde în anotimpul rece. Orientarea spre nord a ferestrei conduce la pierderi de căldură chiar dacă se triplează foile de sticlă. În studiul pierderilor de căldură trebuie analizate forma şi mărimea ferestrelor.

În vederea economisirii combustibilului utilizat la ardere pentru încălzirea clădirilor se vor lua următoarele măsuri:

- utilizarea centralelor cu randament mărit, cu un control riguros al funcţionării, cu funcţionare automată şi posibilităţi de reglare a temperaturii în funcţie de utilizarea spaţiilor de locuit, izolarea conductelor;
- reglajul sistemului de încălzire: necesarul de căldură din interiorul încăperilor este direct proporţional cu diferenţa dintre temperatura aerului interior şi exterior; pentru o schimbare a temperaturii aerului interior cu 1^0 C este necesar un spor de căldură de 5% din valoarea totală; în unele încăperi ale clădirii, datorită orientării sau direcţiei vânturilor dominante reci, putem avea diferenţe de temperatură de 4^0... 8^0 C;
- reducerea nivelului ventilaţiei în exces datorită neetanşeităţii uşilor şi ferestrelor ;
- consumul raţional de apă caldă;
- izolarea termică suplimentară (pozată la exteriorul clădirii) a anvelopei clădirii.

Economia de energie în construcţii se poate realiza la concepţia clădirilor noi prin izolare termică suplimentară dar şi în cazul reabilitării termice a clădirilor existente.

În cazul reabilitării termice a clădirilor existente se va realiza un bilanţ termic înainte şi după izolarea suplimentară termică.

În fig. 3.1 se prezintă pierderile de căldură la o clădire prin elementele de construcţie ale anvelopei şi prin instalaţii de ventilaţie. Prezentarea este realizată înainte şi după izolarea termică suplimentară. În cadrul anvelopei, la pereţii exteriori (porţiunile opace şi vitrate), pierderile se pot micşora cu 4%, iar la planşeul peste subsol cu 2%.

În cadrul ventilaţiei naturale la clădirea izolată suplimentar termic, pierderile de căldură se modifică cu 11%.

În fig. 3.2 se prezintă aportul de energie pentru încălzirea unei clădiri (insuficient izolată şi suplimentar izolată termic) şi emanaţiile de noxe din arderea combustibilului. În cazul clădirii izolate suplimentar termic se va realiza o creştere a căldurii interioare cu 5%, şi a efectului energiei solare cu 3%, iar

consumul de combustibil va scădea cu 8%. Se constată o micşorare a cantităţii de emanaţii nocive (CO_2, CO, SO_2, NO) datorită micşorării cantităţii de combustibil ars.

Utilizarea gazului metan în locul cărbunelui conduce la o micşorare a emanaţiilor de CO_2 la fiecare kWh de la simplu la dublu. În fig. 3.3 se prezintă poluarea cu emanaţii de CO_2 (în Kg/kWh) pentru diferiţi combustibili utilizaţi pentru încălzire. Se observă că diferenţa poluării între cărbune şi gaz metan este de la simplu la dublu, iar între cărbune şi motorină, de 50%.

Izolarea termică a ferestrelor este necesară datorită ponderii semnificative a suprafeţei acestora, raportată la suprafaţa totală a anvelopei. Utilizarea ca strat intermediar între foile de sticlă a aerului sau argonului, a numărului variabil de foi de sticlă şi a diverselor sisteme de etanşare conduce la o micşorare a coeficientului de conductibilitate termică cu 10 pînă la 90%. Micşorarea punţilor termice prin izolaţii termice suplimentare la anvelopă (acoperiş, pereţi exteriori, planşeu peste subsol) va conduce la o mărire a rezistenţei termice globale.

Alcătuirea raţională a detaliilor (nişele caloriferelor, cutia pentru rularea jaluzelelor) poate conduce la micşorarea punţilor termice. În fig. 3.4 se prezintă o secţiune transversală printr-o clădire insuficient izolată termic şi una izolată suplimentar termic. Din această prezentare comparativă se observă micşorarea coeficientului de transmisie termică a căldurii cu 50%.

Pentru realizarea unei concepţii eficiente de izolare termică suplimentară la o clădire de locuit se va evidenţia un bilanţ termic al pierderilor de căldură

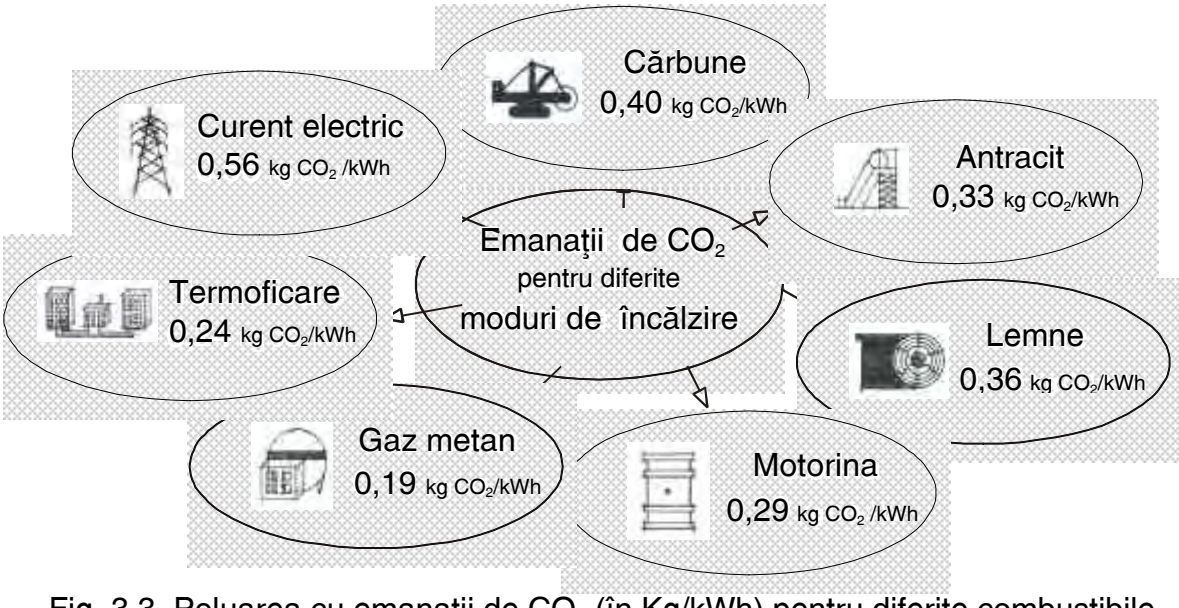


Fig. 3.3. Poluarea cu emanaţii de CO_2 (în Kg/kWh) pentru diferite combustibile utilizate pentru încălzire

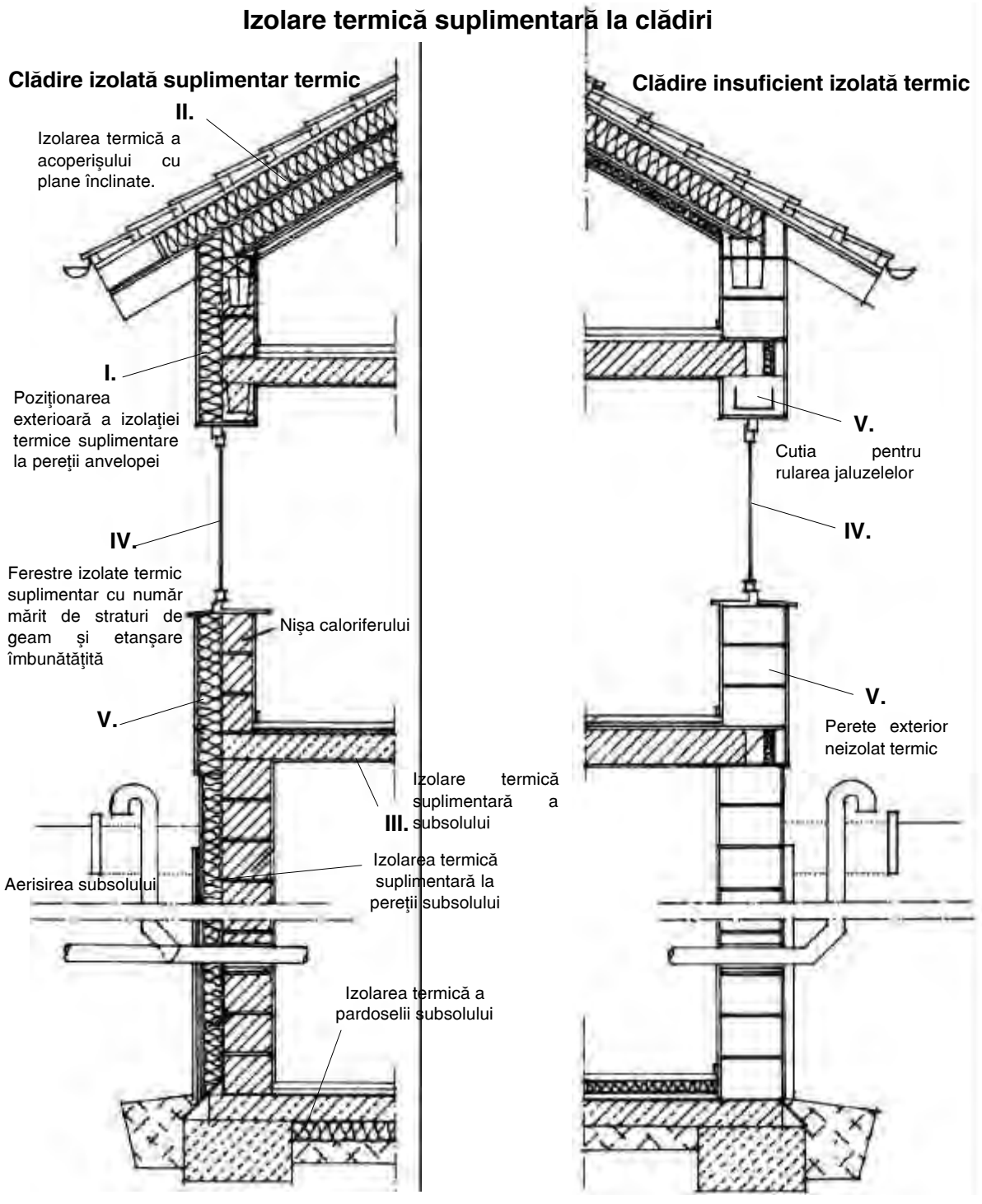
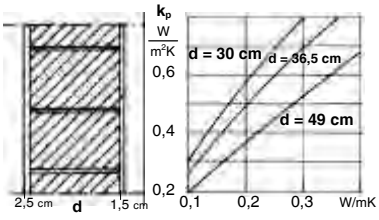


Fig. 3.4. Pozarea izolării termice suplimentare la clădiri

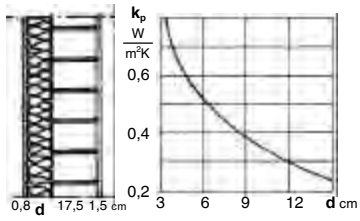
Izolarea termică suplimentară a clădirii

I. Perete exterior

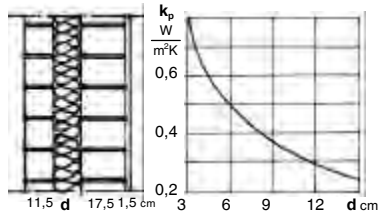
Perete neizolat



Perete izolat la exterior

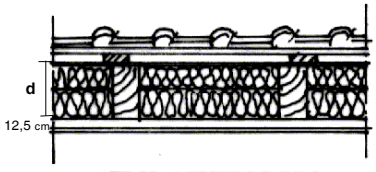


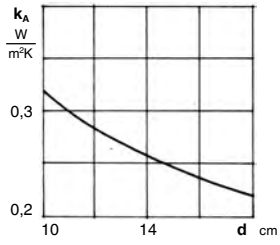
Perete cu izolaţie mediană



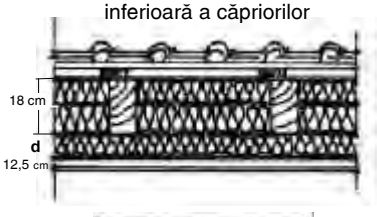
II. Acoperiş cu plane înclinate

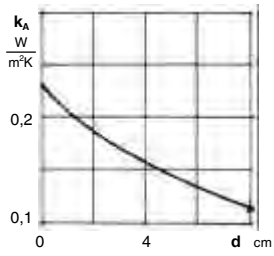
Termoizolaţie între căpriori



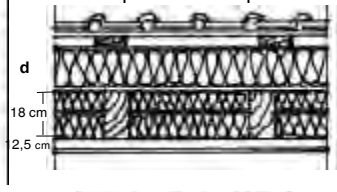


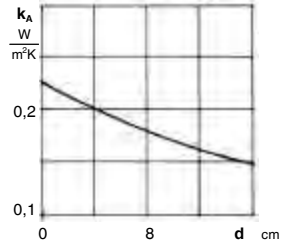
Termoizolaţie suplimentară la partea inferioară a căpriorilor





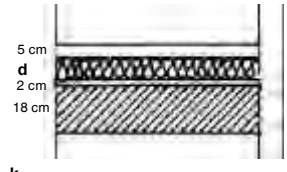
Termoizolaţie suplimentară la partea superioară a căpriorilor

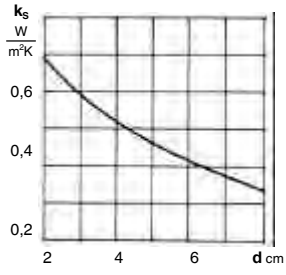




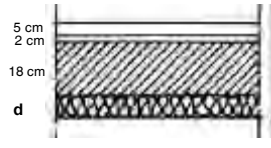
III. Planşeu peste subsol

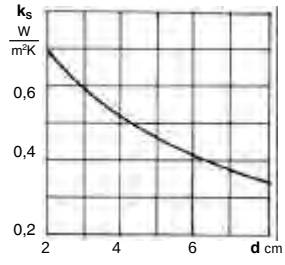
Termoizolaţie la partea superioară



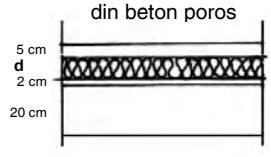


Termoizolaţie la partea inferioară





Termoizolaţie la partea superioară din beton poros



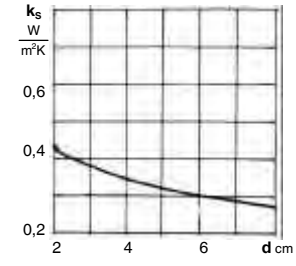
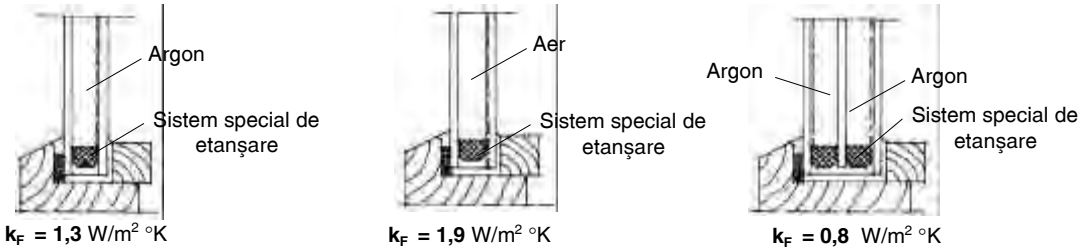


Fig. 3.5. Determinarea grosimii suplimentare de izolare termică (**d**) la: perete exterior (I.), acoperiş cu plane înclinate (II.) şi planşeu peste subsol (III.). k_P, k_A şi k_S - coeficienţl de permeabilitate termică

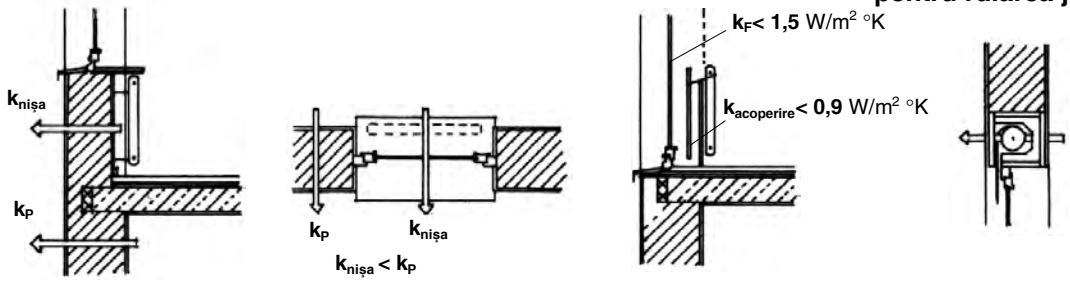
Izolarea termică suplimentară şi punţi termice la clădire

IV. Izolarea termică la ferestre

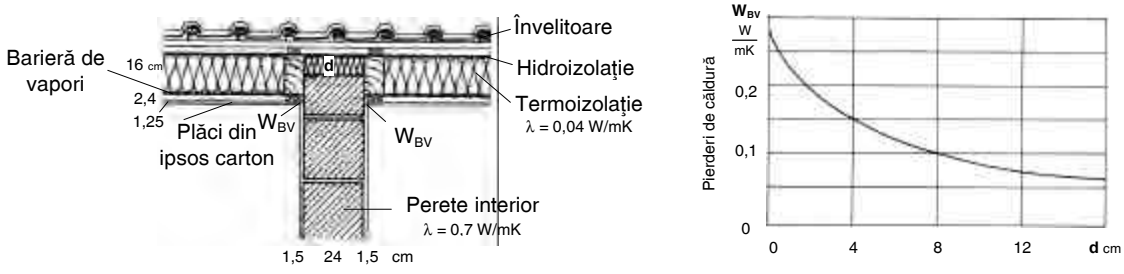


V. Puntea termică la nişa caloriferului

Puntea termică la cutia pentru rularea jaluzelei



VI. Puntea termică de la intersecţia peretelui interior cu acoperişul



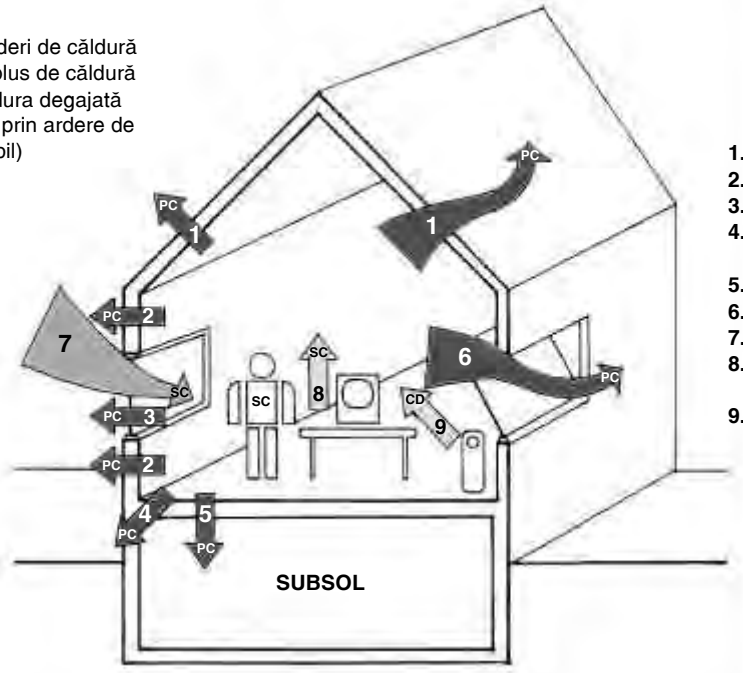
VII. Transferul de căldură prin convecţie

Fig. 3.6. Zone cu pierderi de căldură la clădiri izolate termic suplimentar

Clădiri de locuit. Bilanţ termic. Centrală de ventilaţie cu căldură reciclată

I. **Bilanţ termic pentru o clădire de locuit**

PC - Pierderi de căldură
SC - Surplus de căldură
CD - Căldura degajată (încălzire prin ardere de combustibil)



1. PC prin acoperiş
2. PC prin pereţii exteriori
3. PC prin ferestre
4. PC prin planşeu subsol spre pământ
5. PC prin planşeu subsol
6. PC prin aerisire
7. SC prin radiaţii solare
8. SC de la oameni şi aparate electrocasnice
9. CD de la calorifere

II. **Principiul centralei de ventilaţie ce funcţionează cu căldură reciclată**

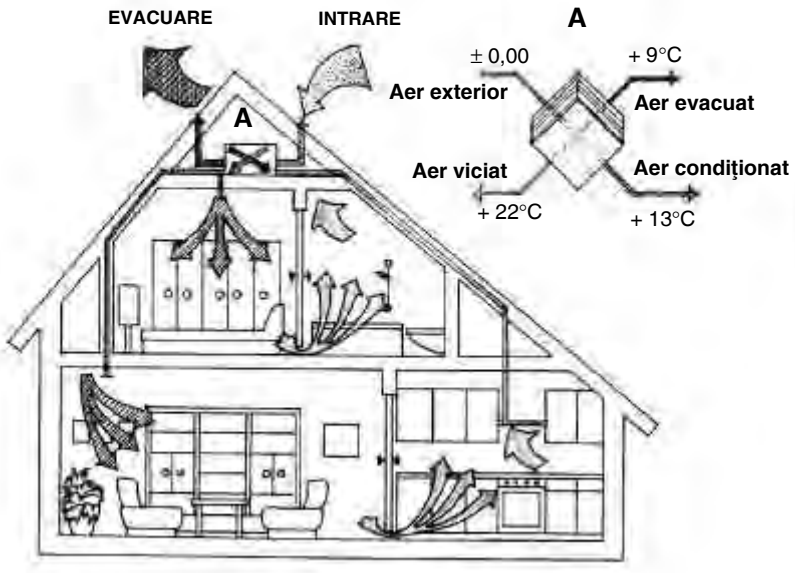


Fig. 3.7. Bilanţ termic al unei clădiri de locuit (I.). Clădire de locuit cu centrală de ventilaţie ce funcţionează cu căldură reciclată (II.)

prin anvelopă - fig.3.7, datorită reîmprospătării aerului şi a surplusului de căldură datorită radiaţiilor solare, a oamenilor şi aparatelor electrocasnice şi căldura degajată de radiatoare (prin arderea combustibililor). În fig.3.5 şi fig.3.6 se prezintă graficele de variaţie a coeficientului de permeabiliatate termică, în funcţie de grosimea termoizolaţiei la diverse soluţii de izolaţie termică suplimentară. La aceste soluţii variază şi poziţionarea termoizolaţiei suplimentare la pereţi exteriori, acoperiş cu plane înclinate, planşeu peste subsol.

În vederea economisirii energiei consumate pentru reîmprospătarea aerului se va studia oportunitatea utilizării centralei de ventilaţie ce funcţionează cu căldură reciclată (fig.3.7).

3.2 CREATIVITATE ÎN CONSTRUCŢII

Activitatea mentală a creativităţii începe combinând şi recombinând experienţa trecută pentru a forma aranjamente noi, care vor satisface o nevoie particulară de proiectare. Creativitatea e percepută de mulţi a fi o fulgerare fără efort a sinelui. În fapt creativitatea cere pregătire extensivă.

Experţii în creativitate sunt de acord că potenţialul creativ există în fiecare. Tehnicile de gândire creativă permit oamenilor să utilizeze la maximum potenţialul lor creativ. Oamenii creativi tind să fie mai deschişi la minte, mai toleranţi la complexitate, mai puţin înclinaţi să presupună că există doar o singură - cea mai bună - cale pentru a rezolva o problemă, şi mai puţin autoritari în atitudini decât oamenii noncreativi.

Creativitatea primară generează idei şi concepte noi, iar creativitatea secundară dezvoltă, lărgeşte, modifică şi ordonează din nou ideiile altora. Oamenii care dispun de creativitate secundară sunt, de obicei, mai capabili să îndrepte ideile spre concluzii practice.

Umorul este un combustibil important pentru procesul creativ. Studiile au dezvăluit o înaltă corelaţie între creativitate şi umor. O glumă nevinovată va conduce la o idee folositoare.

Creativitatea de grup implică o cercetare colectivă pentru obţinerea de soluţii optime în concepţia clădirilor. Proiectarea tradiţională a clădirilor concentrează, în mod obişnuit, atenţia arhitectului şi inginerului constructor asupra faptului că vor lucra împreună la găsirea soluţiei optime a clădirii. Proiectantul, în mod obişnuit, lucrează ca un individ distinct şi se străduie să producă o soluţie unică şi originală.

În opoziţie creativitatea de grup în construcţii foloseşte gândirea colectivă a mai multor individualităţi şi identifică cât mai multe idei posibile, apoi alege pe cea care satisface cel mai bine nevoile utilizatorilor şi/sau proprietarilor clădirii.

Creativitatea în construcţii

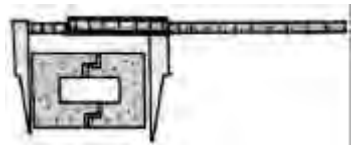
Etapele creaţiei tehnice

PREGĂTIRE
- Studiul soluţiilor existente;
- Observaţii, analiză şi definirea problemei
- Lipsurile stadiului actual;
- Stare difuză, nelinişte, se intuieşte o contribuţie originală;

INCUBAŢIE
- Se desfăşoară la nivelul subconştientului;
- Implică dirijare sistematică prin intermediul voinţei;

ILUMINARE
- Momentul apariţiei spontane a soluţiei originale, viabile, care poate fi:
  - interpretare neaşteptată, corectă a unor date
  - o bioasociaţie

VERIFICARE INGINEREASCĂ
- Analiza riguroasă şi evaluarea noii soluţii



Criteriul principal al creativităţii este aplicabilitatea

Adevărata valoare a creaţiei tehnice în construcţii este parcurgerea drumului de la conturarea soluţiei de bază până la larga utilizare practică

Inginerul constructor trebuie să fie:

un bun cunoscător al ştiinţei şi tehnicii construcţiilor

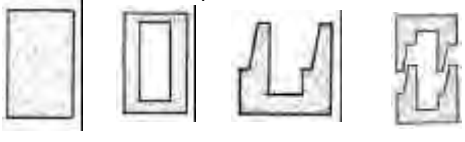
transpună tehnica mondială la nivel naţional

creator de tehnică în consttrucţii

Tehnologia unei invenţii

Bară din ipsos armat

Evoluţia modului de gândire a formei barei din ipsos armat



Îmbunătăţirea caracteristicilor termice sau de rezistenţă

Fono/Termoizolaţie — Şipcă de lemn — Carcasă oţel protejat contra coroziunii

Perete despărţitor cu schelet din bare de beton armat

Fig. 3.8 Creativitatea în construcţii. Etapele creaţiei tehnice. Tehnologia unei invenţii.

Creativitatea de grup în construcţii constituie o pâlnie largă de idei, care se potrivesc exigenţelor principale pe care trebuie să le satisfacă clădirea.

Un număr mai mare de idei poate fi un factor de focalizare pentru apariţia unei idei excelente. Nici una din idei nu va fi criticată şi nici nu va fi concediată ca fiind nepractică sau nefolositoare.

Gândirea negativă este în detrimentul procesului creativităţii de grup şi poate împiedica curgerea liberă a ideilor.

Folosirea unui grup în concepţia clădirilor - compus din utilizator, proprietar, arhitect, inginer constructor (proiectant, executant) - s-a arătat că poate produce 65%...95% mai multe idei decât ar fi rezultat din muncă individuală.

O astfel de echipă generează mai multe idei şi stimulează potenţialul creator al fiecărui participant.

O idee a unei persoane din grup poate stârni procesul asociativ al celorlalţi membri, declanşând mai multe idei.

Procesul creativ. Studiul acestui proces va produce o mai bună cunoaştere a creativităţii (fig.3.9). Pentru a găsi o soluţie la orice problemă, mintea foloseşte şi urmează un anumit model. Etapele procesului creativ în construcţii sunt (fig. 3.8; 3.10):

- identificarea problemei de rezolvat;
- culegera informaţiilor;
- analizarea datelor ;
- generarea soluţiilor alternative ;
- evaluarea ideilor şi alocarea de timp pentru apariţia de idei suplimentare;
- sintetizarea ideilor într-un tot ;
- verificarea soluţiei propuse printr-o evaluare.

Educaţia tradiţională poate conduce la un proces de gândire îngustă şi noncreativă. Cu un antrenament adecvat în gândire creativă şi utilizând tehnici aplicative corespunzătoare, este posibil ca modelele tradiţionale de învăţare şi previziune să se canalizeze într-un proces productiv de gândire.

Schimbările ce se produc în societate vor conduce la modificarea direcţiei de concepţie a clădirilor civile de la creativitatea întâmplătoare la cea deliberată şi concertată.

Majoritatea proiectanţilor, în domeniul construcţiilor, dezvoltă atitudini noncreative ca:

- utilizarea primei idei ce apare în locul căutării unor alternative, mai bune;
- decizii care la origine păreau să convingă, pot să conducă în circumstanţe schimbate, la costuri excesive sau performanţe scăzute;
- schimbările în concepţia clădirilor vor întâmpina rezistenţă, dacă se opun unor atitudini şi cunoştinţe învechite.

Calităţile coordonatorului de grup, care trebuie să orienteze grupul spre o concluzie, trebuie să fie apropiate de individualităţile din echipă.

Pentru a încuraja o curgere neîntreruptă a ideilor dinspre toţi participanţii, coordonatorul grupului trebuie să fie pregătit pentru a schimba tehnicile creative. Coordonatorul echipei asigură ordinea, stimularea şi un nou sens al direcţiei.

Factori
ce influenţează
creativitatea

Sensibilitatea faţă de nou (deschidere la experienţe, receptivitate faţă de probleme), este materializată prin curiozitate în acţiune, aversiune faţă de cunoştinţele învechite.

Fluiditate în gândire. Debit mare de idei. "Cu cât producem mai multe idei, suntem mai aproape de ideea cea bună"

Elasticitatea gândirii. Trecerea uşoară de la un domeniu de reflexie la altul. Capacitatea de a diversifica perspectiva faţă de un material, element de construcţii sau clădire. Investigarea se poate realiza în multiple direcţii (în special la graniţa între disipline).

Gândirea divergentă dă soluţii multiple la o problemă, în contradicţie cu gândirea convergentă, care are o singură soluţie la mai multe probleme.

Originalitatea - capacitatea de a da o soluţie nouă şi simplă.

Capacitatea combinatorie este aptitudinea de a combina două sau mai multe lucruri, idei, fenomene. Esenţial în creativitate este cuplul fantezie - inteligenţă.

Capacitatea de "a vedea cu ochii minţii". Inventatorii nu au uneori un model concret, concepând, intuind şi văzând anticipativ cum va arăta, sau cum va funcţiona elementul nou.

Fig. 3.9 Schema factorilor ce influenţează creativitatea.

Mecanismul creativităţii

Acumularea şi înţelegerea informaţiei. Suprasolicitarea datorită informaţiilor (ce nu permite selectarea elementelor principale) şi deficitul informaţional sunt la fel de dăunătoare pentru creativitate.

Preselecţia şi clasificarea informaţiei prezintă interes pentru creativitate.

Reglarea atmosferei creative se realizează prin amplificarea energiei, care generează concentrarea continuă până la finalizarea noii idei.

Produsele creative trebuie analizate critic în raport cu utilitatea lor. Imaginaţia, care a acţionat în pâlnie largă, trebuie supusă analizei. Noua idee va fi supusa aprecierii pentru a fi aprobată sau respinsă.

Capacitatea de a vizualiza idei, apelând la un simţ intern dezvoltat pentru forme tridimensionale, este necesară la concepţia elementelor de construcţie dar şi a clădirilor în ansamblul lor.

Fig 3.10 Schema mecanismelor creativităţii

Obstacole în drumul spre creativitate. Experienţa arhitecţilor şi inginerilor constructori este unul din aceste obstacole.

Conştientizarea acestui lucru va favoriza realizarea de paşi pozitivi şi practici în depăşirea acestui obstacol.

Obstacolele pot fi perceptuale, de obişnuinţă, emoţionale sau profesionale (fig. 3.11).

Obstacolul perceptual mai poate fi denumit "Viziunea cu ochelari de cal". Experţii tind să "treacă cu vederea evidentul", de asemeni un obstacol perceptual.

Obstacolul de obişnuinţă implică permanenţa a ceea ce a fost dat sau gândit înainte. Majoritatea se conformează standardelor existente şi prognozelor consacrate pentru a se proteja şi pentru a asigura securitatea slujbei.

Obstacolul emoţional poate apărea când se propune elaborarea unei decizii nepopulare sau frica despre ceea ce ceilalţi ar putea gândi despre ideea nouă propusă.

Unele individualităţi mimează prin luarea unor decizii adecvate, dar necreative.

Blocajele profesionale pot fi cauzate de ambianţa academică, profesională, educaţională. Unele individualităţi sunt incapabile să se cupleze în exterior cu conceptele propuse de alte discipline.

Tehnici în creativitate

Un număr de tehnici asigură îmbunătăţirea creativităţii şi sunt în mod particular adecvate pentru arhitecţi şi ingineri constructori din cauza uşurinţei relative cu care pot fi aplicate în problemele de proiectare a clădirilor civile.

Fiecare tehnică pentru îmbunătăţirea creativităţii accentuează folosirea unor filosofii de rezolvare a problemelor cu final deschis şi eliminarea criticilor pe parcursul primelor stadii ale procesului de elaborare a deciziilor.

Brainstorming. Metodă de stimulare a creativităţii colective ce pune în valoare apariţia ideilor şi crează facilităţi pentru manifestarea acestora. Metoda se bazează pe stimularea unei minţi care să producă idei prin intermediul unei alte minţi. Inhibarea poate rezulta din încercarea de a judeca valoarea ideilor.

Coordonatorul grupului este desemnat pentru a răspunde de urmărirea şi direcţionarea şedintelor. O regulă a acestei tehnici este de a exclude critica, coordonatorul grupului trebuie să oprească grupul când un cuvânt, ton, gest, sau orice altceva indică respingerea unei idei. El va încuraja gândirea "după libera voinţă" deci a ideilor neconformiste.

Cu cât cantitatea de idei este mai mare cu atât este mai sigur că apare şi o soluţie de calitate. Participanţii pot sugera idei proprii dar şi ideile altora, combinate şi/sau îmbunătăţite într-o idee nouă.

Membrii grupului sunt aleşi să reprezinte puncte de vedere variate dar şi diverse.

Blocaje ale creativităţii

(cunoaşterea blocajelor poate conduce la realizarea unor proceduri de deblocare, şi favorizare a creativităţii).

Caracterul original sau manifestarea creativă poate fi anihilată sau estompată **de prezenţa unor persoane** sau **în situaţia unor stări psihice speciale**.

Mecanismele de conservare, procedee sau reţete tradiţionale ce apar în special la grupări minoritare, care utilizează metode arhaice pentru a păstra coeziunea grupului, conduce la crearea unui blocaj al creativităţii. Rezistenţa socială a tradiţiei poate anihila capacitatea de adaptare sau creativitatea.

Creativitatea poate fi blocată şi de **fascinaţia personalităţilor** puternice, de **mitul unor staruri sau autorităţi.** Deblocarea depinde de personalitatea omului creativ dar şi de caracterul personalităţii dominante.

Creativul din zona tehnică trebuie să-şi **asume riscul erorii** dar şi cel **de a fi corectat.** Acest lucru se întâmplă într-o societate (epocă) cu mod propriu de gândire, concepte dominante, care exercită o influenţă conformistă. Omul creativ, care iese din aceste tipare, este criticat şi poate deveni chiar ridicol.

Un alt blocaj este generat de **influenţa educaţiei imprimată,** de modul de gândire şi înţelegere a dascălilor. Studentul sau inginerul creativ (nonconformist), trebuie sa iasa din aceste canoane şi tipare. Cadrele didactice trebuie să sprijine creativitatea, promovând o atmoferă adecvată.

Un obstacol al creativităţii este **rezistenţa personală la nou.** Omul conservator reacţionează la schimbarea normelor şi valorilor producându-i o atmosferă de nelinişte. Blocajul poate apare din teama unui eşec, din lipsa asumării riscului, propriu omului conservator.

Fig. 3.11 Schema blocajelor creativităţii.

Formaţiile în brainstorming care participă la şedinţe pot fi compuse din: proprietar, arhitect, inginer, utilizator, manager în construcţii, operator de construcţii, administrator de întreţinere. Dacă unii superiori ai membrilor echipei sunt prezenţi la şedinţă, aceştia s-ar putea să ezite de a sugera idei, din teama de a fi judecaţi de către şefii lor.

Criticile în timpul brainstormingului pot avea un efect de inhibare şi de o micşorare a apariţiei de idei noi.

Coordonatorul grupului deschide şedinţa prin prezentarea unei probleme bine definite, exprimate în limbaj funcţional. Toate ideile trebuie înregistrate. Datorită apariţiei rapide a acestor idei înregistrarea poate fi dificilă. Produsul final al şedinţei de brainstorming este evaluarea şi reprelucrarea ideilor care pot genera o soluţie la problema pusă în discuţie.

Tehnica Delphi (prezicerea viitorului şi atingerea consensului) este o metodă de a obţine consensul prin identificarea opţiunilor de proiectare dar şi a prezicerii asupra efectului acestora la concepţia clădirii.

Aceasta implică contribuţii individuale la informarea grupului, la formarea judecăţii acestuia, la realizarea de ocazii pentru ca individualităţile să dezbată şi să revadă punctele de vedere individuale prin păstrarea unui grad de anonimat. Răspunsurile individuale într-o şedinţă Delphi sunt înregistrate pe hârtie şi sunt prezentate anonim. Această tehnică este folositoare pentru evitarea blocajelor emoţionale des întâlnite în brainstorming. Un grup Delphi va include în mod obişnuit manageri, arhitecţi şi ingineri proiectanţi, ingineri constructori pentru execuţie şi reprezentanţi ai clientului.

Un avantaj major al acestei metode este acela că minimalizează favorizarea şi protejarea personalităţii în obţinerea unei opinii de grup.

Această metodă poate fi folosită pentru :

- explorarea opţiunilor de proiectare;
- identificarea poziţiilor pro şi contra a opţiunilor potenţiale de proiectare ;
- dezvoltarea relaţiilor în unităţi complexe de construcţii;
- expunerea priorităţilor valorilor personale şi a scopurilor proiectării.

Orice discuţie de grup e probabil să producă o poziţie majoritară, dar deseori aceasta este un compromis, decât un consens adevărat. Acest compromis poate reflecta opinia membrilor grupului, dinamici verbal sau perseverenţi. La începutul proiectării, când există un grad de nesiguranţă, ar fi imprudent să afirmi că opinia unui membru al grupului este mai bună decât a celorlalţi. Atunci se doreşte câştigarea unei idei favorabile din multitudinea de opinii din cadrul grupului.

Logica metodologiei este că ea converge gradat spre un set de alternative de proiectare, judecate prin consens, spre a asigura performanţa optimă pentru problema în discuţie. Procesul Delphi trece printr-un număr de cicluri de explorări individuale şi de

grup şi se încheie cu o recomandare a grupului.

Primul ciclu Delphi asigură un set iniţial de date de intrare, de natură subiectivă, despre un sistem dorit. Pe baza acestor date de intrare, echipa prelucrează un set de alternative de proiectare.

Ţintele - de exemplu costurile estimate - sunt apoi revăzute fără relevarea autorului - pentru a determina variaţia valorilor ţintite. Grupul poate apoi începe să ordoneze proprietăţile sistemului dorit în opţiuni de proiectare logice şi probabile.

Alt ciclu al procesului Delphi permite fiecărui participant să intuiască aranjarea grupului şi să concentreze asupra celor mai favorabile opţiuni de proiectare. Ca parte a cercetării tehnica Delphi poate prezice învechirea sistemului constructiv. Este deci posibil să ia acţiuni de corectare prin adăugarea unor caractristici flexibile sau tehnologie inovatoare.

Din momentul în care participanţii au încheiat cel de-al doilea ciclu individual grupul se reuneşte. Răspunsurile individuale sunt introduse într-o discuţie de grup. Dacă opţiunile de proiectare rămân neschimbate, grupul este pregătit să facă recomandări. În mod obişnuit, totuşi, cel puţin un ciclu adiţional este necesar înainte de consens. Valoarea costurilor ţintă pentru sistem, în acest stadiu, ar trebui să continuie să conveargă.

Estimările înainte de consens sunt simţitor îmbunătăţite odată cu creşterea numărului de cicluri Delphi. Cu cât ciclul converge spre un consens de grup tot astfel converg şi desfăşurările proiectate ale acţiunii. În această manieră este exercitat controlul asupra costului ţintă. Pasul final, al metodei Delphi, implică participarea de grup în propunerea alternativelor şi a ţintelor cost pentru sistemul supus studiului. Opţiunile de proiectare recomandate în acest stadiu pot necesita revederi suplimentare economice (cost al ciclului de viaţă) şi neeconomice, astfel încât detaliile componentului să fie identificat.

Manipulare. Această metodă acoperă natura problemei ce e studiată examinând mai curând generalităţile decât patricularizările. Efortul creator este direcţionat cu scopul de a vedea elemente comune într-un mod total nou. O raţiune pentru păstrarea unei definiţii specifice a unei probleme vagi este de a evita o soluţie predeterminată sau prematură. Ambiguitatea ajută proiectantul să gândească mai flexibil şi mai general. O descriere cu sfârşit deschis a problemei permite proiectanţilor să nu se angajeze cu fermitate în rezolvarea problemei. Informaţia minimă permite procesului de grup să se concentreze asupra soluţiilor generale, în timp ce se stabileşte caracterul esenţial al soluţiilor de proiectare.

Tehnicile de manipulare permit grupului să ajungă la divergenţă mai repede decât la convergenţă ca în procesul Delphi. În tehnica Gordon, numai coordonatorul grupului cunoaşte

natura exactă a problemei considerate. Sinectica permite divergenţa prin considerarea de analogii pentru problema respectivă, mai mult decât considerarea problemei însăşi. Bionica şi biomecanica se bazează pe analogiile cu natura.

Tehnica Gordon constă într-o curgere liberă a discuţiei şi a ideilor privind o problemă vag definită. Nimeni, cu excepţia coordonatorului grupului nu cunoaşte natura exactă a problemei. Astfel, cel mai dificil aspect al conducerii unei şedinţe de acest fel este alegerea unui subiect pentru discuţii. În mod normal, subiectul ales va fi legat de problema pusă în discuţie printr-un principiu fizic. De exemplu, problema discutată, poate fi de a căuta soluţii la problema depozitării pentru o companie de construcţii, astfel că coordonatorul grupului poate discuta cu grupul cum să "depoziteze lucruri".

Tehnica Gordon caută să evite capcana la care este expusă o şedinţă obişnuită de brainstorming şi anume sentimentul unei părţi a participanţilor că au găsit soluţia "corectă" şi de aceea nu este nevoie să mai caute şi o altă soluţie a problemei. O astfel de şedinţă, evită acest pericol, deci nu poate fi propusă o soluţie ca fiind cea mai bună pentru o problemă nespecificată. Această tehnică poate frustra oamenii creativi, care se străduie pentru întâietate când niciunul nu este condiţionat. Cu domeniul deschis pentru discuţii, aceste individualităţi se învârt în cerc, discutând problema dar neajungând la un rezultat. . Avantajul este că ei pot acoperi aspecte pe care nu le-ar fi putut niciodată atinge dacă ar fi cunoscut problema specifică. Forţa tehnicii constă în faptul că nu permite membrilor echipei să se blocheze în amănunte specifice.

Sinectică înseamnă alăturarea elementelor diferite şi aparent irelevante, pentru a forma scheme şi idei noi. Analogiile pot fi văzute în invenţiile arhitecturale de zi cu zi: un cort al unui beduin în deşertul Arabiei Saudite inspiră o structură pe cabluri; proiectarea unei colivii de păsări conduce la structura de rezistenţă pentru clădiri cu tehnologii de montaj rapid.

Există patru tipuri de analogii: personală, directă, simbolică şi fantastică. Analogiile personale implică identificarea individuală în situaţia problemei, pentru a experimenta efectele supuse studiului.

Individualitatea devine o parte a activităţii de proiectare ce a fost realizată. Proiectanţii se văd pe ei înşişi mergând prin clădirea pe care tocmai au proiectat-o. Această tehnică a fost de asemeni folosită cu mare succes în probleme tehnice în care proiectantul s-a considerat ca o parte actuală a sistemului, supus la mişcările şi forţele sale.

O analogie directă compară faţete similare şi proceduri a unor obiecte care nu seamănă între ele. De exemplu, sistemul de răcire a unei case

poate fi proiectat să acţioneze în acelaşi fel în care se răceşte corpul uman.

Analogia simbolică foloseşte acţiunile şi structura unui obiect pentru a crea o imagine complet diferită. Este o cale de a condensa un sistem sau un obiect complex, într-o reprezentare simplă. Activitatea intrinsecă pe coridoarele unui spital este comparată cu sistemul circulator a unui organism viu.

A patra formă a analogiei este fantezia, folosirea imaginaţie fără constrângeri pentru a explora o situaţie.

Legile şi regulile existente sunt suspendate temporar. Fantezia e folosită pentru a explora opţiuni. Ea ajută pe cel care ia decizia, să rupă prejudecăţile convenţionale pentru a găsi o soluţie simplă în locuri neaşteptate.

O şedinţă de creativitate de grup, folosind tehnicile de analogie, parcurge următorii paşi:

- discutarea unui concept general; numai coordonatorul şedinţei este deţinătorul definiţiei precise a problemei;
- analogia personală; după discutarea informaţiilor despre concept grupul poartă în continuare discuţii şi schimbă impresii despre ce ar putea simţi punându-se în diversele variante ale conceptului discutat;
- analogia directă; grupul face apoi comparaţii directe între ideile variantelor enunţate în şedinţele anterioare;
- analogia simbolică; acest tip de analogie poate fi folosită împreună cu analogia directă în aceaşi şedinţă;
- analogia fantastică; membrii sunt încurajaţi să discute sau să compare orice doresc în direcţiile liniilor analogiilor anterioare, asigurându-se că au cel puţin o relevantă periferică la subiect;
- discuţii libere; această şedinţă se dezvoltă într-o discuţie liberă din momentul în care conducătorul consideră că grupul a epuizat conţinutul de cunoaştere relevantă în faza precedentă.
- introducerea problemei; în acest stadiu coordonatorul dezvăluie definiţia precisă a problemei;
- analiza problemei directe; paşii de la analogii sunt repetaţi, de această dată adresându-se la problema definită;
- perioada de gestaţie; echipa permite tuturor ideilor să pătrundă în subconştient;
- recomandări; ideile variate sunt expuse, evaluate şi se stabilesc soluţii.

Bionica şi biomecanica. Proiectanţii au privit de-a lungul timpului spre natură pentru idei, care pot fi folosite ca aplicaţii directe sau ca modificări la problema pusă în discuţie.

Bionica şi biomecanica privesc spre natură pentru a vedea dacă există deja o soluţie.

Construcţia tunelurilor sub râuri a fost realizată după ce s-a urmărit tunelurile cariilor în lemn, realizate prin construirea de tuburi protectoare. Problemele de inginerie şi proiectare pot fi rezolvate şi prin idei înrudite cu natura.

Capitolul

4

CLASIFICAREA CONSTRUCŢIILOR

Scopul clasificării construcţiilor este de a da posibilitatea aplicării standardelor, normativelor, instrucţiunilor tehnice în vederea concepţiei acestora.

Clasificarea construcţilor permite realizarea unei mai bune documentări cu ajutorul băncilor de date, bibliotecilor.

Criteriile de clasificare a construcţilor pot fi diverse funcţie de: importanţa, destinaţia, durata de exploatare, structura de rezistenţă, modul de execuţie, geometrie (înălţime, deschidere), materiale utilizate.

Clasificarea general utilizată împarte construcţiile în clădiri şi construcţii speciale inginereşti (fig. 4.1).

Clădirile sunt construcţii care servesc drept adăpost pentru oameni în timpul desfăşurării activităţii, a odihnei şi în timpul realizării unor bunuri necesare vieţii. Aceste adăposturi au grade diferite de confort, fiind dotate cu echipamente şi instalaţii specifice funcţie de destinaţia clădirilor.

Clădirile se clasifică în: clădiri de locuit, clădiri sociale, circulaţia mărfurilor, clădiri pentru călători (transport), clădiri pentru poştă şi telecomunicaţii, clădiri pentru centrale electrice, clădiri industriale şi clădiri agrozootehnice.

Clădirile de locuit pot fi individuale, izolate sau grupate având regimul de înălţime de parter sau de parter şi etaj. Locuinţele pot fi şi sub formă de apartamente grupate în clădiri, la care regimul de înălţime variază de la parter şi trei etaje, la parter şi 25 de etaje sau mai mult. În grupul clădirilor de locuit

intră şi căminele pentru tineri sau bătrâni, hotelurile, cabanele, motelurile.

În concepţia clădirilor de locuit exigenţele de confort higrotermic, acustic, iluminare naturală capătă o importanţă specială având în vedere aportul acestora în aprecierea calităţii vieţii oamenilor.

Clădirile social-culturale cuprind construcţii pentru învăţământ de toate gradele (preuniversitar, universitar, şcoli speciale sau tehnice, clădiri pentru cercetare ştiinţifică), muzee, biblioteci, arhive. În această categorie de clădiri sunt incluse şi cele administrative, sediile companiilor, clădiri publice, studiouri de radio şi televiziune, spitale, laboratoare, săli polivalente (sport, expoziţii, spectacole), tribunale. Această categorie cuprinde şi clădirile cu destinaţie religioasă: catedrala, biserica, templu, mănăstirile

Din categoria clădirilor cu destinaţie specială fac parte: instituţiile de corecţie, instituţiile militare, clădirile pentru băi publice, restaurante.

Clădirile pentru transportul călătorilor vor cuprinde: autogări, gări, aerogări. Din această categorie mai fac parte: depourile, ce au ca destinaţie repararea mijloacelor de transport.

Clădirile pentru poştă şi telecomunicaţii vor cuprinde şi birourile, depozitele, instalaţiile de transmitere a informaţiilor comunicării.

O altă grupare sunt clădirile centralelor electrice şi de transformare din sistemul energetic.

Clădirile industriale sunt destinate producţiei din diverse ramuri, de la cea metalurgică la cea textilă cuprinzând: hale, depozite, ateliere.

Clădirile agrozootehnice cuprind sectoarele: zootehnic (adăposturi animale, abatoare); sectorul cerealier (depozite pentru produse agricole, mori); sectorul hortiviticol (crame de vinificare).

Structura de rezistenţă a clădirilor mai sus menţionate se concepe funcţie de importanţa clădirii, de amplasament (condiţii climatice, teren de fundare, grad de seismicitate), regim de înălţime, destinaţie.

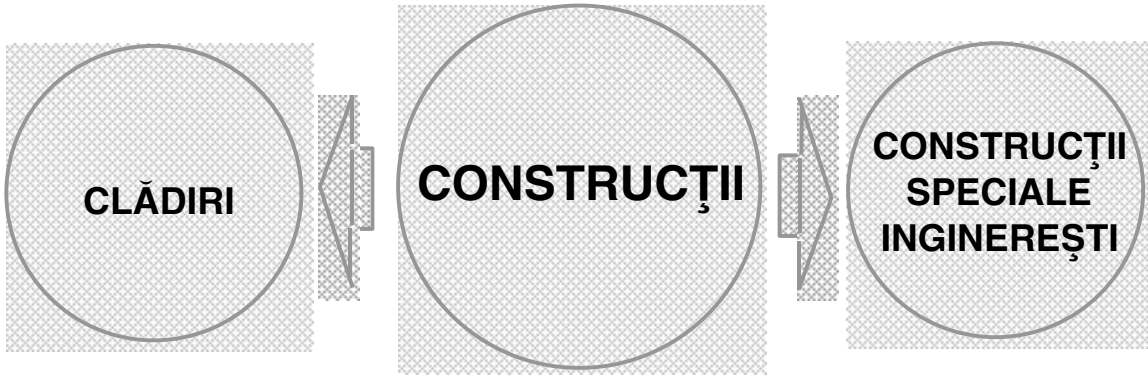
Clădirile vor fi concepute cu structură de rezistenţă rigidă alcătuită din diafragme verticale pozate după cele două direcţii ortogonale (beton armat monolit sau prefabricat, zidărie de cărămidă).

O altă concepţie a structurii de rezistenţă este cea flexibilă alcătuită din cadre de beton armat, metal sau lemn, cu elemente orizontale de rigidizare (planşee) alcătuite constructiv şi din diverse materiale funcţie de aportul antiseismic al structurii.

Construcţiile special inginereşti din figura 4.2 prezintă evantaiul larg al construcţilor speciale.

Construcţiile speciale inginereşti ating deseori dimensiuni impresionante, ca înălţime, deschidere , suprafaţă, volum ca şi clădirile foarte înalte sau cu deschidere foarte mare ce atestă nivelul atins de tehnica construcţiilor în etapa respectivă.

Clasificarea construcţiilor



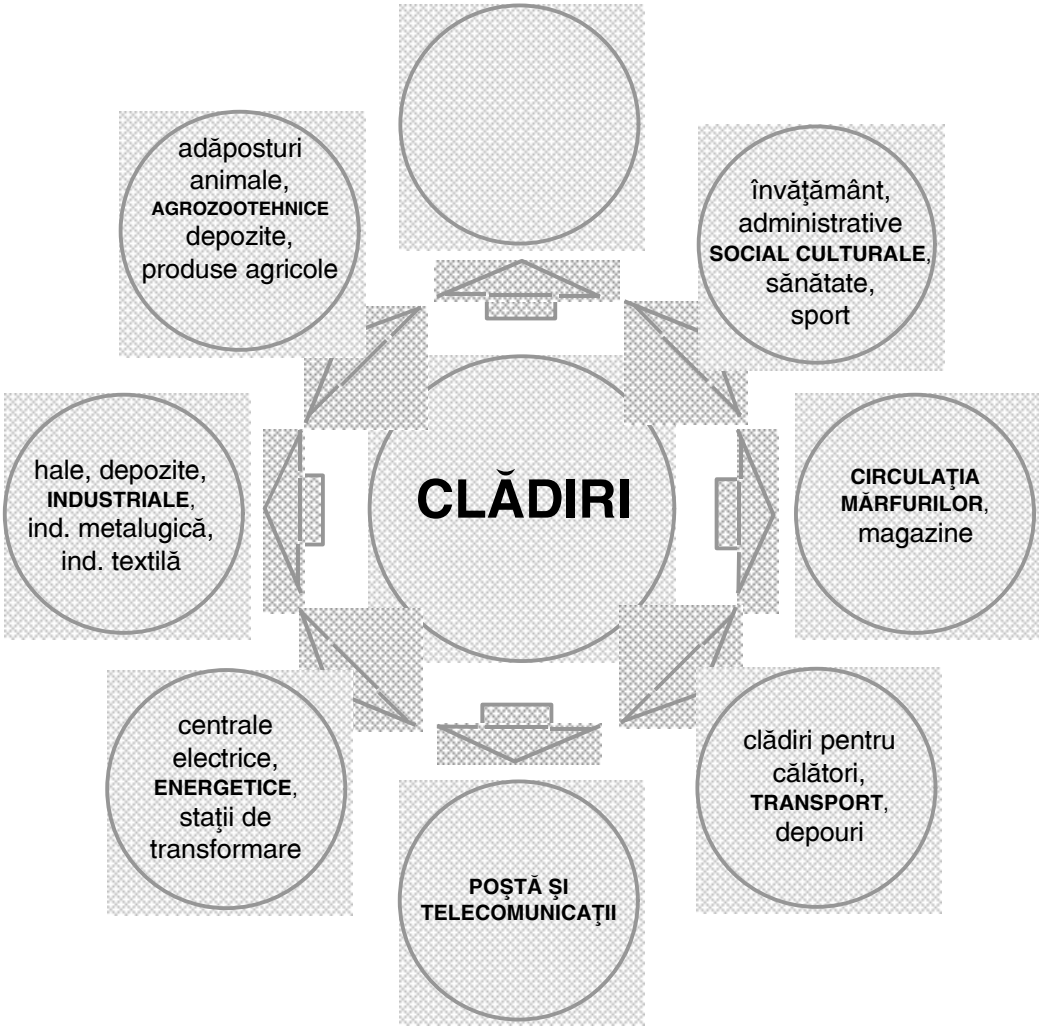


Fig. 4.1 Clasificarea generală a construcţiilor. Clasificarea clădirilor.

Construcţii speciale inginereşti	Construcţii speciale **industriale** silozuri, buncăre, rezervoare, castele de apă, platforme
	Construcţii speciale **agrozootehnice** sere, piscicole, răsadniţe,
	Construcţii speciale **social-culturale** teatre în aer liber, stadioane, platouri de filmare
	Construcţii pentru **transporturi rutiere, feroviare şi aeriene** drumuri, linii de cale ferată, metrouri, linii de tramvai, piste, funiculare, monoraiuri
	Construcţii care asigură **continuitatea transportului** viaducte, poduri, tuneluri, ziduri de sprijin denumite şi **lucrări de artă**
	Construcţii speciale pentru **telecomunicaţii** turnuri de televiziune, antene
	Construcţii pentru **transportul fluidelor** sau al **energiei** conducte, canale, linii electrice
	Construcţii pentru **semnalizare** faruri, semnalizări rutiere
	Construcţii de **agrement** ansambluri de distracţii pentru copii, electrocabine, telescaune, pârtii,
	Construcţii **hidrotehnice** baraje şi lucrări conexe pentru reţinerea aluviunilor, disiparea energiei
	Construcţii pentru **regularizarea cursurilor de apă** taluze, apărarea malurilor.
	Construcţii pentru **captarea şi tratarea apei**
	Construcţii de **canalizare** şi pentru **epurarea apei**
	Construcţii pentru **îmbunătăţiri funciare** irigaţii, desecări,combaterea eroziunii solului.
	Construcţii pentru **transportul pe apă** canale navigabile, ecluze, porturi.

Fig.4.2 Clasificarea construcţiilor speciale inginereşti

Capitolul

5

MOD DE GÂNDIRE ÎN EVOLUȚIA CONSTRUCȚIILOR

5.1. PIRAMIDA EGIPTEANĂ

Acum 4500 de ani, în Egiptul Antic începe o perioadă de glorie a istoriei construcţiilor.

Tehnica construcţiilor în piatră atinge un înalt nivel de perfecţiune. Se poate considera prelucrarea pietrei în Egiptul Antic, o artă cu adevărat savantă comparativ cu stadiul preistoric al ţărilor din jur.

Piramida, cavou al regelui-faraon, supranumit fiul soarelui Ra, este deci un monument în cinstea unui astru (adorat de elita egipteană). Regele-faraon, conducătorul statului, este considerat locţiitorului demiurgului pe Pământ.

Piramida este construcţia funerară ce exprimă adoraţia şi grija sacră manifestată faţă de zei şi morţi. Concepţia religioasă, în Egiptul Antic, era credinţa în viaţa eternă, cea terestră fiind considerată o etapă a celei dintâi. Astfel se explică preocuparea permanentă pentru creerea condiţiilor de conservare a celuilalt Eu . Trupul neînsufleţit al faraonului, considerat sacru era îmbălsămat şi apărat de acţiunea distrugătoare a timpului sau a profanatorilor, prin construirea unui monument funerar inaccesibil.

Măreţia piramidei urmărea să-i copleşească pe supuşi, uimind prin volum, înălţime, durabilitate şi perfecţiunea execuţiei.

Piramida poate simboliza: naşterea pământului din apă, razele soarelui trimise spre pământ, rampa de acces în vederea îmbarcării după moarte în barca zeului soare Ra.

Marea piramidă (piramida lui Keops) face parte din ansamblu de la Ghiseh, cel mai mare grup de monumente construit de om (fig. 5.1).

Piramida şi monumentele din jurul lor au fost concepute şi realizate printr-o anume distribuţie geometrică.

Piramida geometrică, care apare după dispariţia piramidei în trepte, are baza pătrată şi feţele triunghiulare. Privită de la distanţă piramida are aspectul unui corp geometric perfect şi compact. De aproape ea apare ca având feţele formate din trepte foarte mari.

Dimensiunile Marei piramide sunt impresionante, înălţimea de 148 m, echivalează cu o clădire cu 50 de etaje, iar baza are 2,66 ha (230x230 m).

Blocurile de piatră, ce alcătuiesc Marea piramidă, sunt din calcar de culoare gălbuie culoarea deşertului. Aceste blocuri au o greutate medie de 2500 kg şi o înălţime de 70 cm.

Tăierea pietrelor, la carieră, se realiza cu unelte de aramă durificată sau prin crăparea rocii de calcar cu piese din diolit (rocă vulcanică dură), mărirea acestor crăpături, şi ruperea blocului de piatră după suprafeţe orizontale sau verticale prin introducerea forţată a unor pane din lemn umed.

Piramida a fost placată cu blocuri din calcar alb, cu planeitate perfectă ce a condus la realizarea unor rosturi cu grosime redusă.

În interior piramida se compune din încăperi, de dimensiuni mici raportate la cele ale întregului monument, camera regelui-faraon, camera reginei şi coridoare, galerii de acces.

Protecţia camerei regelui faraon unde era depus sarcofagul, contra presiunii mari din greutatea pietrei de deasupra, a fost realizată prin 5 camere de descărcare amplasate deasupra tavanului orizontal. Ultima cameră a fost alcătuită cu dale aşezate oblic. Scurgerea presiunii provenită din greutatea piramidei, de deasupra camerei regelui, nu se realizează vertical spre bază fiind deviată de lespedele înclinate, producând un efect de boltă. Acesta reduce încărcarea ce trebuia suportată de tavanul camerei. Pentru preîntâmpinarea distrugerii prin tasare, pereţii ultimilor două camere de descărcare (care ar fi putut ceda la presiunea greutăţii pietrei) au fost executaţi din calcar, iar ceilalţi din granit. Prin această concepţie se urmărea ca pietrele să se sprijine una pe cealaltă, prin împingeri laterale, protejând astfel încăperea centrală a piramidei.

Coridorul (galeria cea mare) a fost acoperit cu bolţi cu console, sub forma unei scări răsturnate, repartizând judicios presiunea datorită greutăţii mari de deasupra şi având în acelaşi timp un deosebit efect artistic.

Încăperile din interiorul piramidei erau ventilate prin canale ce traversau piramida, între anumite ore ale zilei, datorită diferenţelor de temperatură între exterior şi interior. Constructorii Egiptului Antic au conceput rezemarea

Marea Piramidă din Egiptul Antic

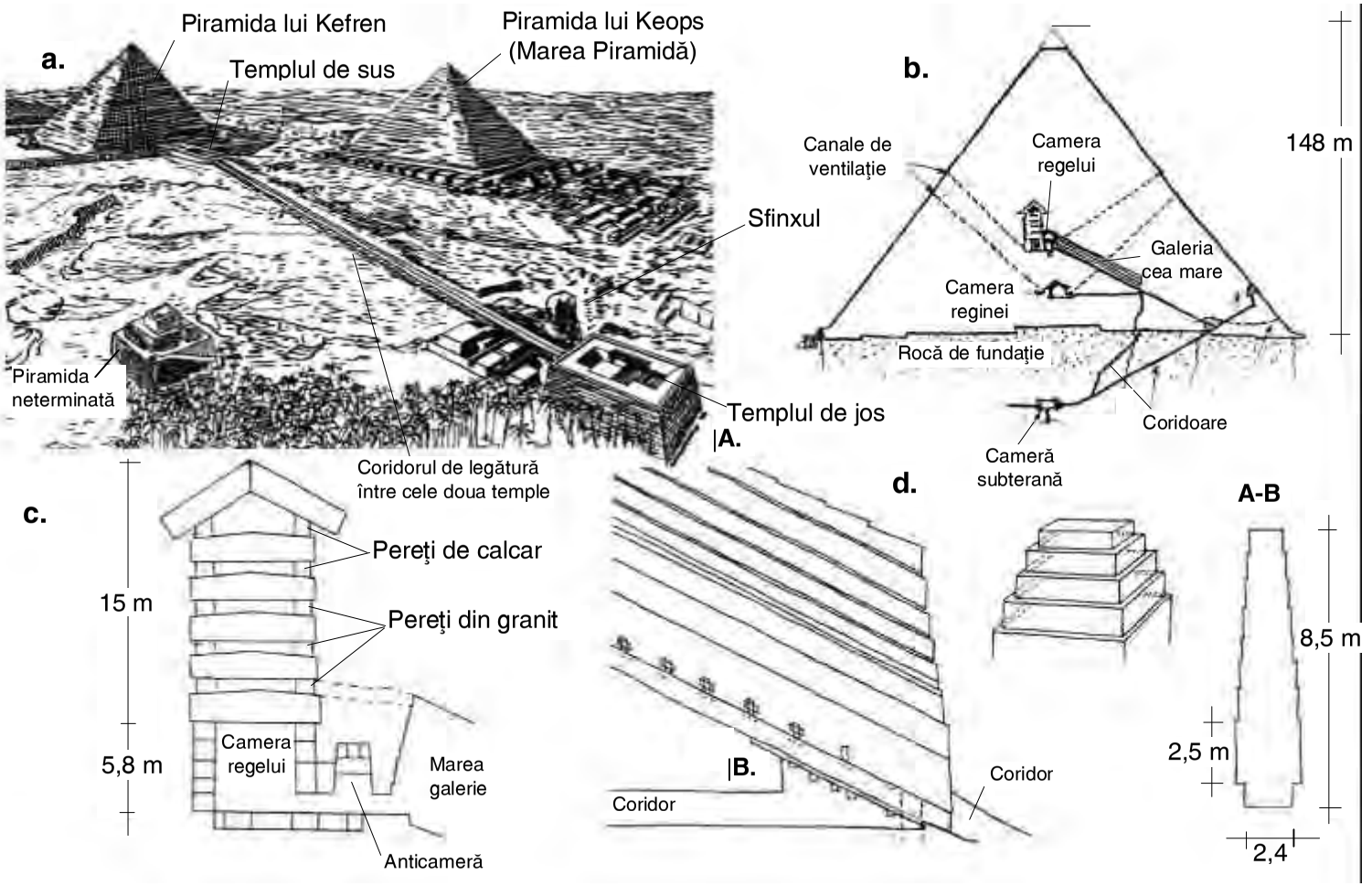


Fig.5.1 Piramida din Egiptul Antic. a. Ansamblul funerar de al Ghiseh. Piramida lui Keops. b. Secţiune. c. Încăperea principală. d. Boltă cu consolă la marea galerie

piramidei pe o suprafaţă convexă, care lucrează sub formă de boltă, reducând substanţial presiunea pe suprafaţa de rezemare.

Ipoteze de construcţie

Marea piramidă a fost ridicată de constructori având un riguros spirit matematic şi un remarcabil simţ artistic. Piramida lui Keops pare a ţâşni din pământ, având totuşi uriaşile proporţii armonizate. Aspectul greoi este evitat prin folosirea unui anumit raport între bază şi vârf, asigurând masei piramidei o înfăţişare ce degajă forţă.

Transportul blocurilor de piatră. Carierele de piatră, exploatate pentru construcţia piramidelor, se află la o distanţă apreciabilă faţă de construcţiile însăşi, fapt care a permis emiterea unor ipoteze privind transportul blocurilor de piatră (fig.5.2):

- s-a presupus că acest transport s-ar fi realizat prin folosirea a mii de oameni la tragerea pe nisip a unor sănii din lemn pe care erau aşezate imensele blocuri;
- s-a emis de asemenea părerea că blocurile ar fi fost deplasate pe apă, prinse între două bărci, avându-se în vedere faptul că greutatea blocurilor se micşora în apă (apa ce lega cariera de locul execuţiei, apărea datorită inundaţiilor Nilului).

Ridicarea blocurilor de piatră. Ţinându-se seama de faptul că în Egiptul Antic nu era cunoscut scripetele, apare uimitor sistemul de ridicare a blocurilor de piatră în greutate de aproximativ 2 tone, la o înălţime de 150 m.

S-a emis ipoteza că ridicarea blocurilor se făcea cu ajutorul unor puternice balansoare de lemn, formate din 2 lemne decupate după un segment de cerc şi reunite prin traverse, situate în terase succesive, cât şi cu ajutorul pârghiilor (fig.5.2). Pe măsură ce construcţia se înalţă, în jurul părţii executate se forma o rampă de nisip, terenul înălţându-se astfel la nivelul şantierului.

Aceste rampe se alungeau pe măsură ce construcţia se ridica. După alţi cercetători, în locul rampelor de nisip ar fi existat sare, care ar fi dispărut o dată cu inundaţiilor Nilului.

Blocurile de piatră exterioare erau pozate pe o suprafaţă orizontală, uşor înclinată spre interior pentru a spori stabilitatea, reducând astfel posibilitatea alunecării. Blocurile de faţadă s-au montat de sus în jos în timp ce erau dărâmate rampele de acces din nisip.

Realizarea suprafeţei de rezemare. Constructorii egipteni au realizat suprafaţa de rezemare a piramidei pe terenul de fundare, prin săparea în stâncă a conturului construcţiei (230x230 m) şi realizarea unei reţele de canale la o cotă mai redusă ca suprafaţa de rezemare. S-a umplut întreaga suprafaţă de rezemare cu apă. S-a măsurat începând de la nivelul apei în jos, în diverse puncte, permiţându-se

Ipoteze de construcţie a piramidelor din Egiptul Antic

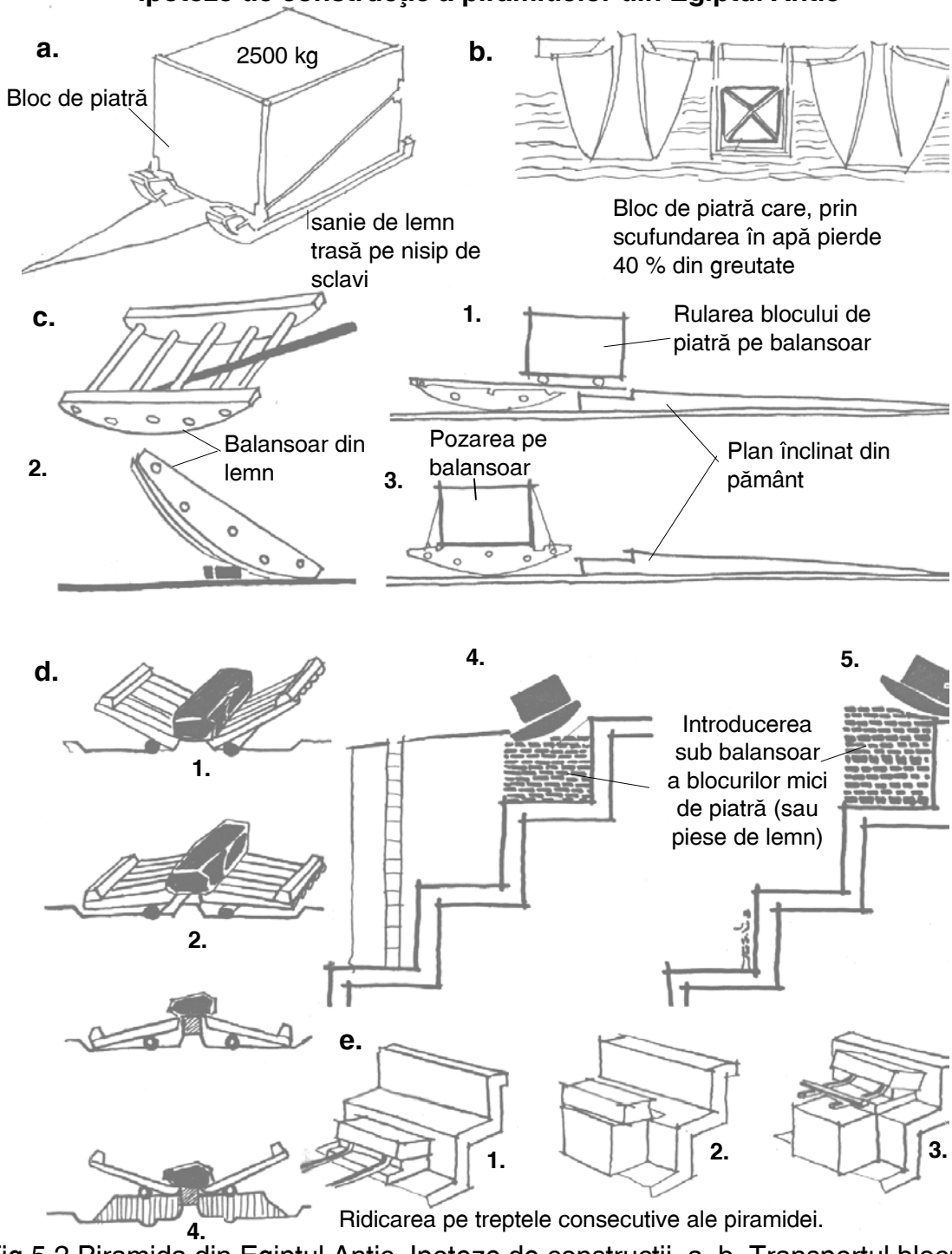


Fig.5.2 Piramida din Egiptul Antic. Ipoteze de construcţii. a. b. Transportul blocurilor de piatră c. (1, 2, 3, 4, 5) Ridicarea blocurilor de piatră cu ajutorul balansoarelor din lemn. d. (1, 2, 3, 4) e.(1, 2, 3) Ridicarea prin intermediul pârghiilor

astfel stabilirea formei optime urmărite a suprafeţei de rezemare a piramidei.

5.2. TEMPLUL GRECIEI ANTICE

Templul grec era considerat sanctuar al zeilor, aşadar nu era conceput ca un locaş al credincioşilor. Ceremonia religioasă se desfăşura în aer liber, în faţa şi în jurul templului ce adăpostea zeii. Este interesant faptul că grecii antici stabileau similitudini între oameni şi zei în ceea ce priveşte înfăţişarea, acţiunile şi sentimentele, găsindu-i totuşi pe aceştia din urmă nemuritori şi supranaturali de puternici.

Măiestria constructorilor Greciei Antice a fost îndreptată spre tratarea exterioară a acestor edificii (fig. 5.3).

Templul era amplasat pe o înălţime în cadru unei incinte sacre a oraşului-cetate sau în interiorul ansamblului marilor sanctuare. În exterior, templul avea un portic continuu de coloane, la unele temple acesta era dublu. Coloanele erau amplasate pe o bază în trepte în exteriorul şi totodată, în jurul templului, dând impresia de accesibilitate, suprimând senzaţia apăsătoare, de mister, a zidurilor pline (asemănător templelor egiptene).

Structura de rezistenţă a templului este preluată de la construcţiile arhaice din lemn, fiind compusă din grindă şi coloană de piatră. Distanţa între coloane era dictată de lungimea blocurilor de piatră de la grinzi. Peste coloane se aşează antablamentul care este alcătuit din trei părţi: partea inferioară (arhitrava), ce constituie elementul de rezistenţă; partea de mijloc (friza), care poate fi împodobită cu reliefuri; la partea superioară se găsea cornişa, mult ieşită în afară, protejând antablamentul de intemperii. Distanţa între coloanele templului este dictată de rezistenţa la întindere din încovoiere a grinzilor din piatră (arhitrava) ce reazemă pe aceste coloane.

Sisteme de execuţie. Materialul de construcţie care va aduce consacrarea constructorilor Greciei Antice este piatra. Pentru pereţi se folosea piatră fără mortar, legătura făcându-se cu agrafe de metal sau lemn grudonat. Pentru uşurinţa transportului şi a manevrării, coloanele erau construite din tamburi, îmbinaţi cu piese de lemn sau metal (fig. 5.4).

În vederea facilitării ridicării tamburilor, se lăsau cepuri sau şanţuri cioplite, prin care se treceau frânghii.

Coloanele se realizau cu o uşoară înclinare spre interior, deplasând astfel centrul de greutate, fapt ce determină o stabilitate la răsturnare în cazul cutremurelor. Această înclinare se realizează prin tăiere oblică a primului şi ultimului tambur. Feţele de contact ale tamburilor se prelucrau numai pe conturul exterior, urmărindu-se o rezemare mai bună; la mijloc, prelucrarea era grosieră, pentru a asigura rezistenţa la alunecare (prin frecare).

Planşeele se construiau din lemn şi mai târziu din piatră. Acoperişul este

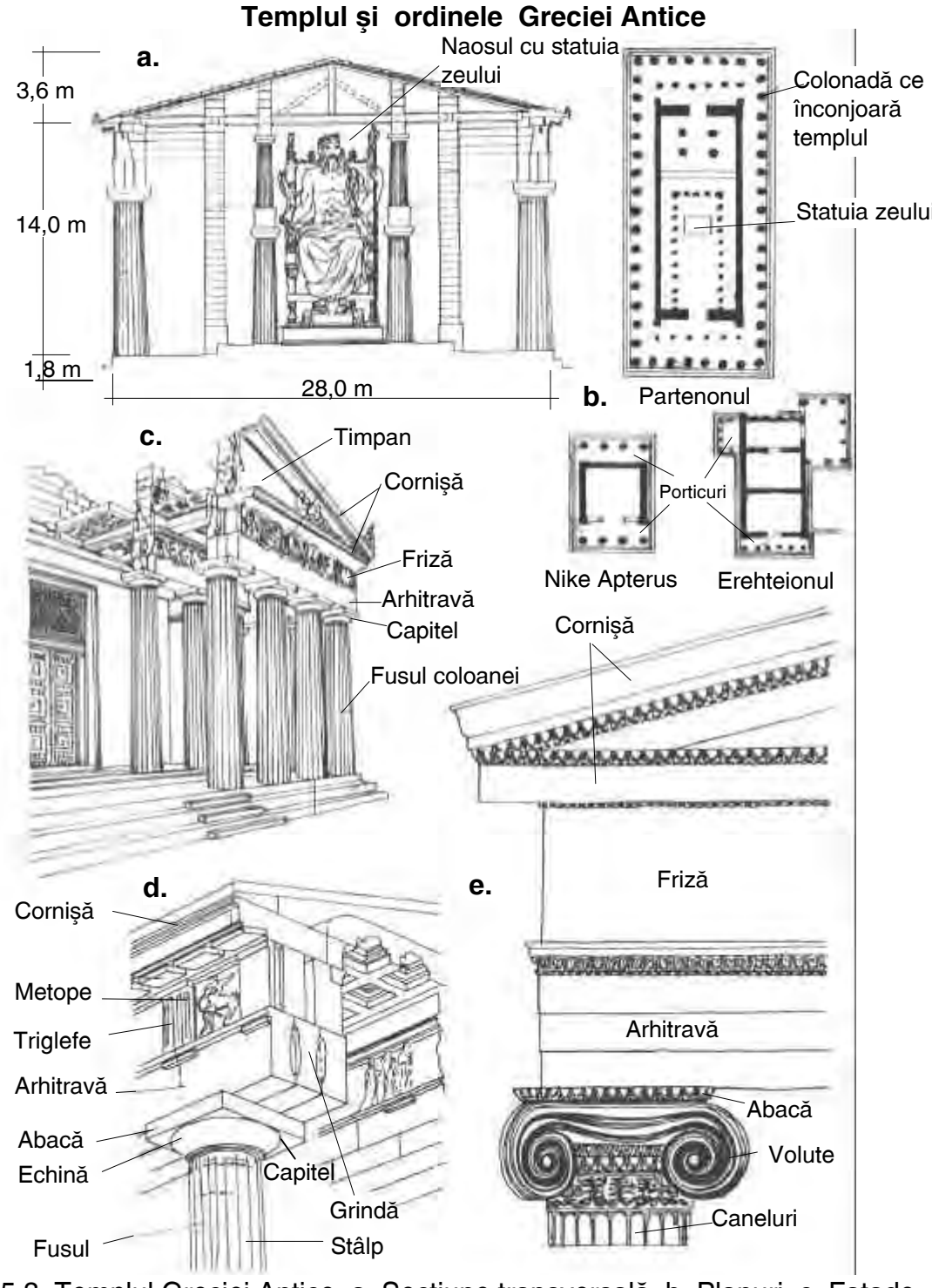


Fig. 5.3 Templul Greciei Antice. a. Secţiune transversală. b. Planuri. c. Faţade. d. Ordinul doric. e. Ordinul ionic.

Sisteme de execuţie în Grecia Antică

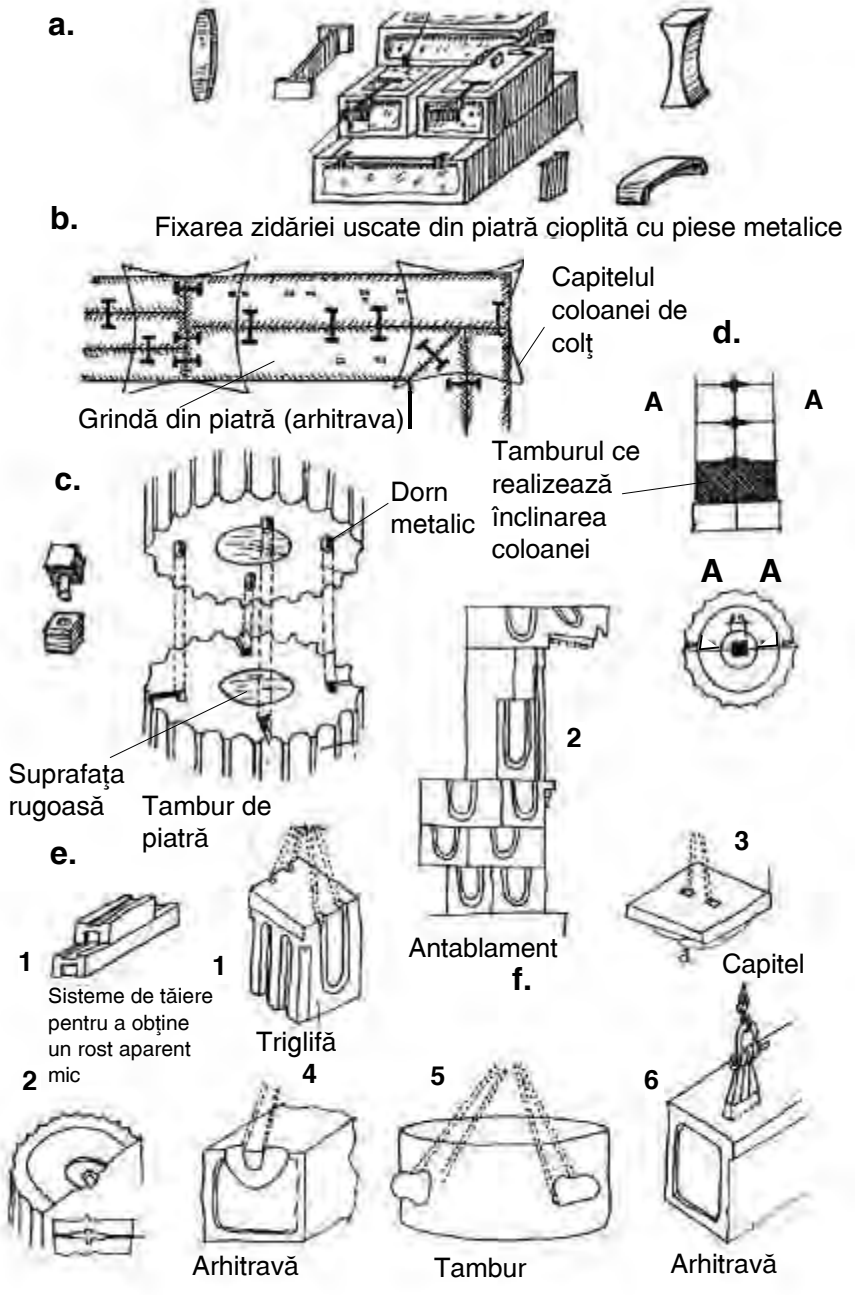


Fig. 5.4. Sisteme de execuţie în Grecia Antică. a.b. Îmbinarea zidăriei şi grinzilor din piatră. c.d. Alcătuirea coloanelor. Îmbinarea tamburilor. d. Realizarea înclinării coloanelor. e. (1, 2) Sisteme de tăiere. f.(1, 2, 3, 4, 5, 6) Sisteme de prindere pentru ridicare

alcătuit dintr-o şarpantă de lemn, pe asteriala căreia se aşezau ţigle ceramice sau de piatră (marmură).

Ordinul în Grecia Antică. Termenul ordin este cel mai des întâlnit la Platon, fiind sinonim cu armonios (fig.5.3). Trebuie subliniat faptul că atenţia constructorilor greci a fost îndreptată în special asupra aspectului exterior al templelor. Ei transformau coloanele în sublime capodopere sculpturale, acoperind grinzile, cornişele, pereţii cu basoreliefuri liniare şi figurative.

Ordinul se compunea din antablament, coloană şi baza construcţiei. Această totalitate de profiluri şi detalii sculpturale, ce pornesc de la structura de rezistenţă stâlp-grindă, sunt coordonate într-un întreg proporţional şi armonios.

Atributele ordinului doric sunt simplitatea, severitatea degajând o expresie estetică de forţă şi bărbăţie.

Proveniența orientală a ordinului ionic se evidenţiează prin abundenţa ornamentelor şi se caracterizează prin eleganţă, graţie şi supleţe.

Ordinul corintic este derivat din ordinul ionic deosebindu-se de acesta prin aspectul capitelului, care are formă de coş tronconic, îmbrăcat în foi de acant, de unde ies volute prelungite. Cariatidele, sunt o variantă a ordinului grecesc, ele înlocuiesc fusul coloanei reprezentând figuri feminine aşezate vertical (fig. 5.5). Platforma pe care se ridică ordinul era limitată de gradene, a căror înălţime nu corespundea pasului uman, ce era calculată din raţiuni estetice în funcţie de înălţimea edificiului. La ordinul ionic se interpune între coloane şi gradene, un element nou alcătuit din discuri suprapuse, cu rol de repartizare a sarcinilor ce provin de la coloana zveltă. Coloanele au caneluri cu secţiuni în arc de cerc teşit. Coloana dorică este robustă comparativ cu zvelteţea coloanei ionice.

Capitelul este elementul de trecere între stâlp şi grindă. Transmiterea sarcinii de la grindă se face prin intermediul capitelului în cazul ordinului doric compus din două plăci, una pătrată şi cealaltă rotundă. Capitelul ionic este alcătuit dintr-o placă pătrată subţire, decorată cu frunze şi una circulară ornamentată cu ove; între acestea se află o placă cu volute de forma unei spirale, terminându-se cu un ochi circular.

Arhitrava dorică, grinda de rezistenţă a antablamentului era lipsită de decoraţii. Friza, partea de mijloc a antablamentului, era alcătuită din plăcuţe cu şănţuleţe verticale ce imitau canelurile (trigrife) şi plăcuţe ornamentate cu sculpturi (metope).

Constructorii greci au fost cei dintâi care au folosit o cornişă a cărei streaşină a frânt efectiv lama apei provenite din precipitaţii îndepărtând-o de pereţii faţadei. Frontoanele ce încununează ordinul au aceeaşi pantă ca şi cea a acoperişului. Sunt decorate cu sculpturi ce se înscriu în timpanul dreptunghiular.

Modularea şi teatrul în Grecia Antică

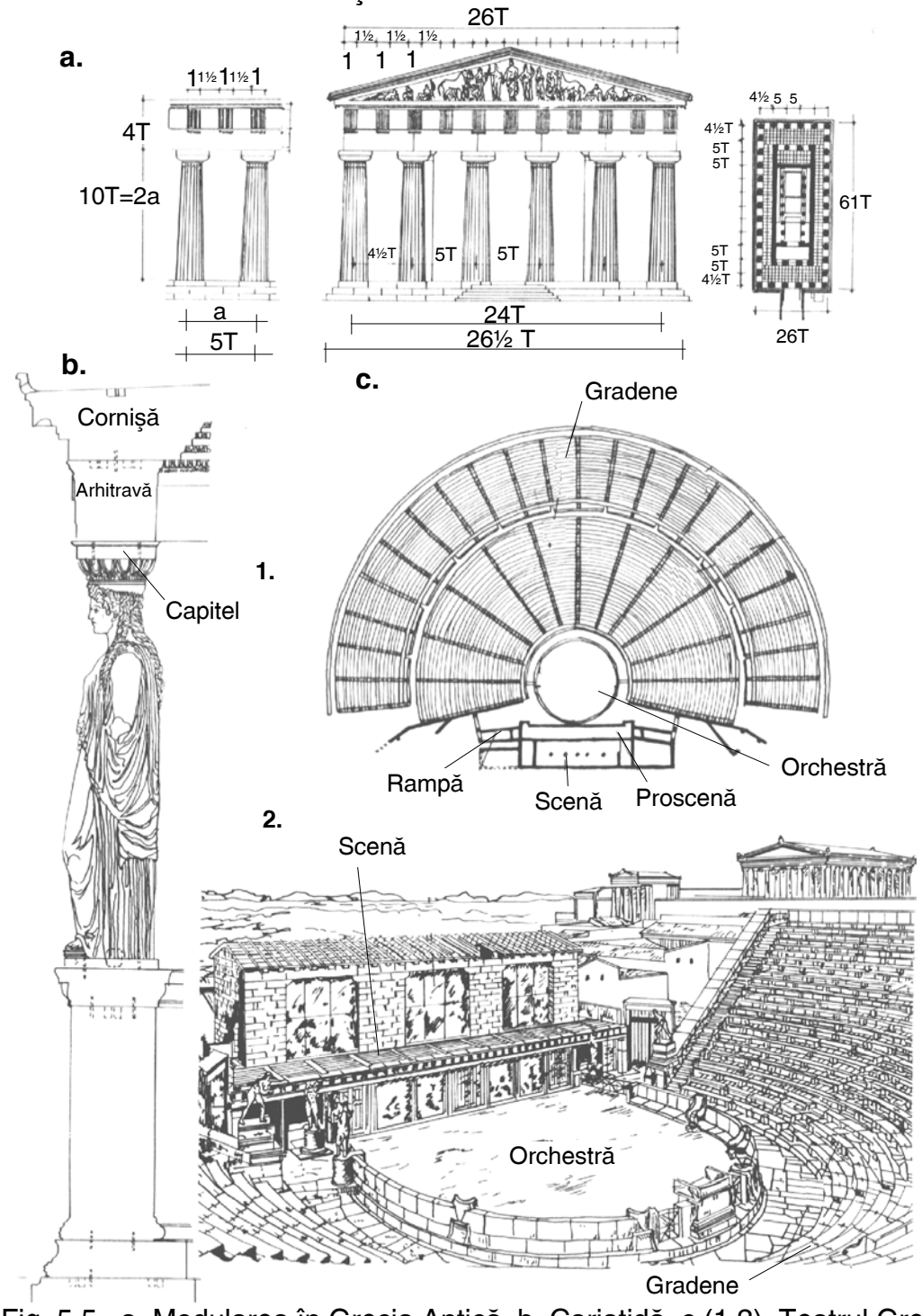


Fig. 5.5 a. Modularea în Grecia Antică. b. Cariatidă. c.(1,2). Teatrul Grec.

Aplicarea ordinelor depindea de caracaterul pe care avea să-l primească edificiul; ordinul doric era adecvat templelor monumentale, pe când cel ionic interioarelor.

Scara umană. Grecii antici, pentru care zeii luau înfăţişarea oamenilor cu acţiunile, reacţiile şi sentimentele lor au creat o arhitectură fondată pe scară umană. Proporţionalitatea clădirilor era legată de dimensiunile reale ale omului. Edificiile de dimensiuni monumentale (temple) având la bază scara umană creează o impresie tonică, de exaltare şi eroism, fără nimic apăsător şi copleşitor.

Modularea. Constructorii Greciei Antice au raportat toate dimensiunile edificiilor la o măsură de bază denumită modul (fig. 5.5). Ca modul principal pentru calcularea dimensiunilor templului doric, grecii foloseau lăţimea triglifei (plăcuţă cu şănţuleţe verticale din componeţa antablamentului), iar la templul ionic modulul era diametrul inferior al coloanei. Modulul este întotdeauna în raport simplu cu dimensiunile tuturor elementelor templului. Proporţiile şi formele edificiilor greceşti, uimitor de simple şi măreţe, izvorau din folosirea modulului ca mijloc artistic de compoziţie. Înafară de rolul său estetic, modulul avea şi un rol tehnic bine definit şi anume: dimensiunile elementelor de construcţie din piatră se stabileau din timp, în funcţie de modulul de bază, ca să poată fi tăiate şi prelucrate la cariere, iar pe şantierul templului erau montate şi finisate. Constructorii Greciei Antice nu aplicau sistemul modular prin calcularea mecanică a tuturor dimensiunilor, ci stabileau raporturile (între înălţimea coloanei şi diametrul, între intervalele coloanelor sau între înălţimea şi lungimea arhitravei) în funcţie de imaginea considerată ideală şi efectul de armonie.

Corecţii optice. Arhitecţii nu se limitau la determinarea matematică a imaginii edificiilor, ci le aduceau corecţii optice. Ei curbau suprafeţele plane şi liniile orizontale, pentru a nu părea concave în partea de mijloc, intensificând astfel senzaţia de elasticitate şi forţă. Coloanele marginale erau îngroşate (cu 5 cm) şi înclinate (astfel, intercolonada de la colţuri se micşora), pentru ca lumina să nu le reducă aparent şi să nu lase impresia de îndepărtare în evantai (din cauza efectului de perspectivă).

Teatrul. În Grecia Antică, teatrul ocupa un loc important, lucru evident şi în capacitatea lui enormă (44 000 locuri) raportat la numărul cetăţenilor liber a Atenei - 90 000 (fig. 5.5). Această construcţie de dimensiuni mari era conceput în aer liber cu gradenele aşezate circular, pe panta naturală a colinelor, ceea ce reprezintă o soluţie economică, privită comporativ cu cea a teatrelor cu infrastructură. Constructoriii au asigurat o bună vizibilitate spre platforma circulară (orchestră) unde se desfăşura spectacolul cât şi spre pavilion (scenă) care servea drept fundal pentru acţiunea dramatică şi

costumarea actorilor, dezvoltându-se ulterior într-un organism complex.

În teatrul grecesc guverna o acustică excelentă savant asigurată prin reflectoare: platforma gradenelor şi peretele pavilionului. Pentru exemplificare zgomotul căderii unei monezi pe platforma teatrului se aude în ultimul rând al gradenelor.

5.3 PANTEONUL DIN ROMA ANTICĂ

Imperiul Roman rămâne în istorie cea mai mare putere militară şi economică a Antichităţii. Perioada imperiului coincide cu o extindere considerabilă a graniţelor (Marea Mediterană devine pentru romani o mare interioară) şi cu o acumulare incomensurabilă de bogăţii provenite din teritoriile-provincii. În perioada imperiului arhitectura Romei Antice atinge apogeul. Ea era concepută ca o transpunere artistică a simbolului de forţă dominantă, autoritate plenară şi grandoare a acestui Imperiu. Aceasta va conferi construcţiilor Romei Antice un caracter spectacular. Construcţiile romane sunt de dimensiuni enorme, producând o impresie impunătoare. Influenţa religiei înregistrează o cădere în timpul Imperiului, ca urmare acestui fapt, atenţia se îndreaptă în special spre monumentalele clădiri publice bazilici, amfiteatre, terme, (fig. 5.6).

Scara acestor construcţii, privită comparativ cu aceea a edificiilor Greciei Antice, este una monumentală, suficientă sieşi, ignorându-l pe om la care nu intenţionează să se raporteze. Monumentele romane au în schimb destinaţii utilitare, arhitecţii adaptându-le cu precădere necesităţilor umane. Romanii acordă spaţiului interior o importanţă sporită. Edificiile din Roma Antică, de exemplu bazilica au multiple destinaţii: tribunal, loc pentru întruniri şi discuţii publice, bursă, hală de mărfuri.

Privind comparativ templul grec şi bazilica romană se observă că constructorii Romei Antice deplasează coloanele din exterior în interior, conferindu-le înafara rolului de susţinere a acoperişului unul de concepţie spaţială interioară.

Deosebit de construcţiile destinate spectacolelor din Grecia Antică, cele romane erau situate deasupra terenului, compuse dintr-un sistem de galerii boltite suprapuse, cu rol de susţinere a gradenelor şi de evacuare în timp scurt a spectatorilor (datorită numărului mare de ieşiri). Amfiteatrele atingând uneori capacităţi foarte mari (50 000 locuri-Coloseumul) erau destinate unor spectacole ce se bucurau de mare popularitate în Roma Antică ca: lupte de gladiatori, bătălii navale, lupte între condamnaţi şi fiare sălbatice.

Sisteme de execuţie. Materialele de construcţie folosite de romani erau lemnul, cărămida nearsă, piatra, şi betonul denumit concretum.

Betonul roman se realiza dintr-un amestec de nisip, apă şi pământ vulcanic de puzzoli. Acest mortar nu se amesteca în prealabil ci se turna peste

Edificii din Roma Antică

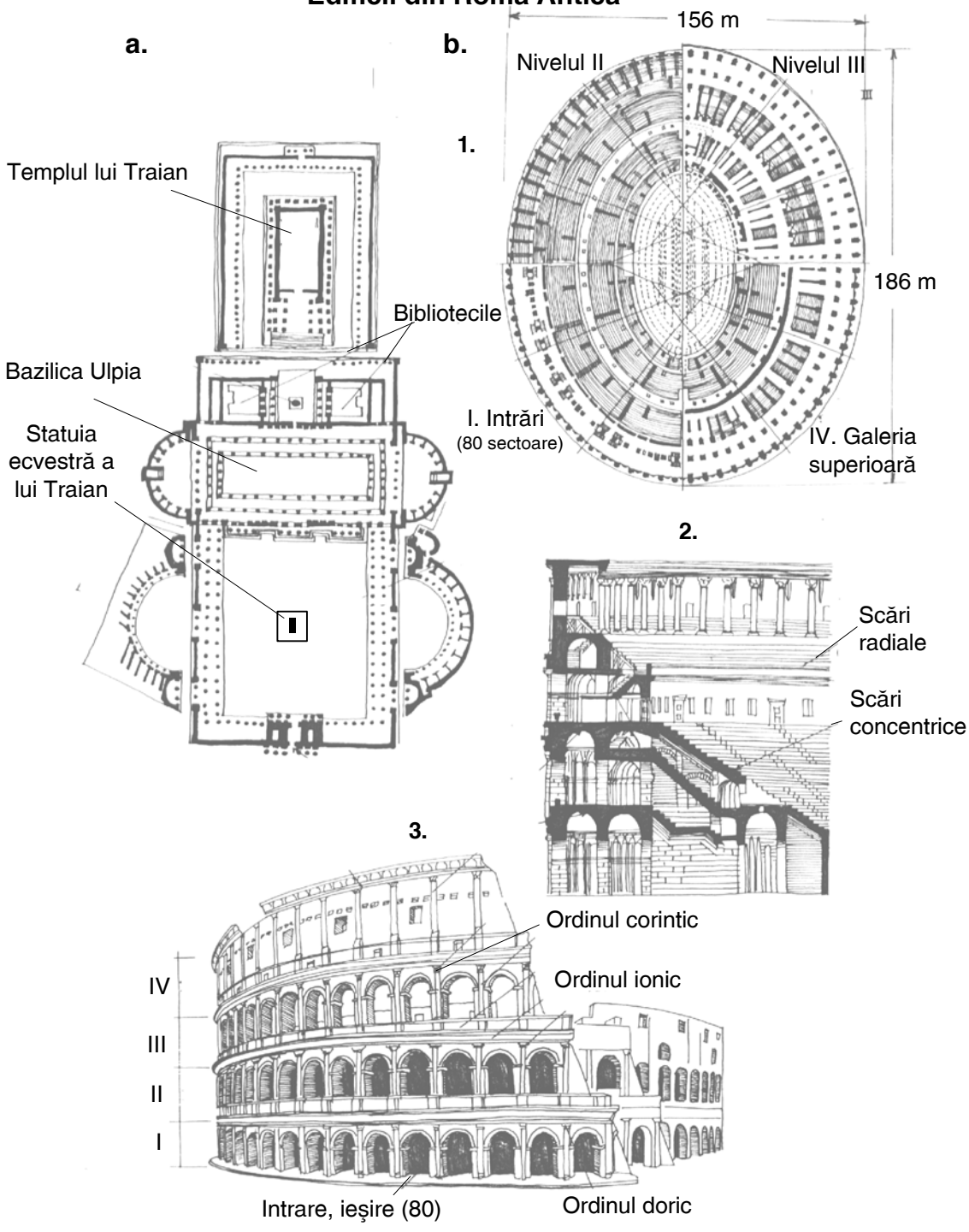


Fig. 5.6 Edificii din Roma Antică. a. Forumul lui Traian. b.(1,2,3). Coloseumul. Plan. Secţiune. Faţadă.

Panteonul din Roma Antică

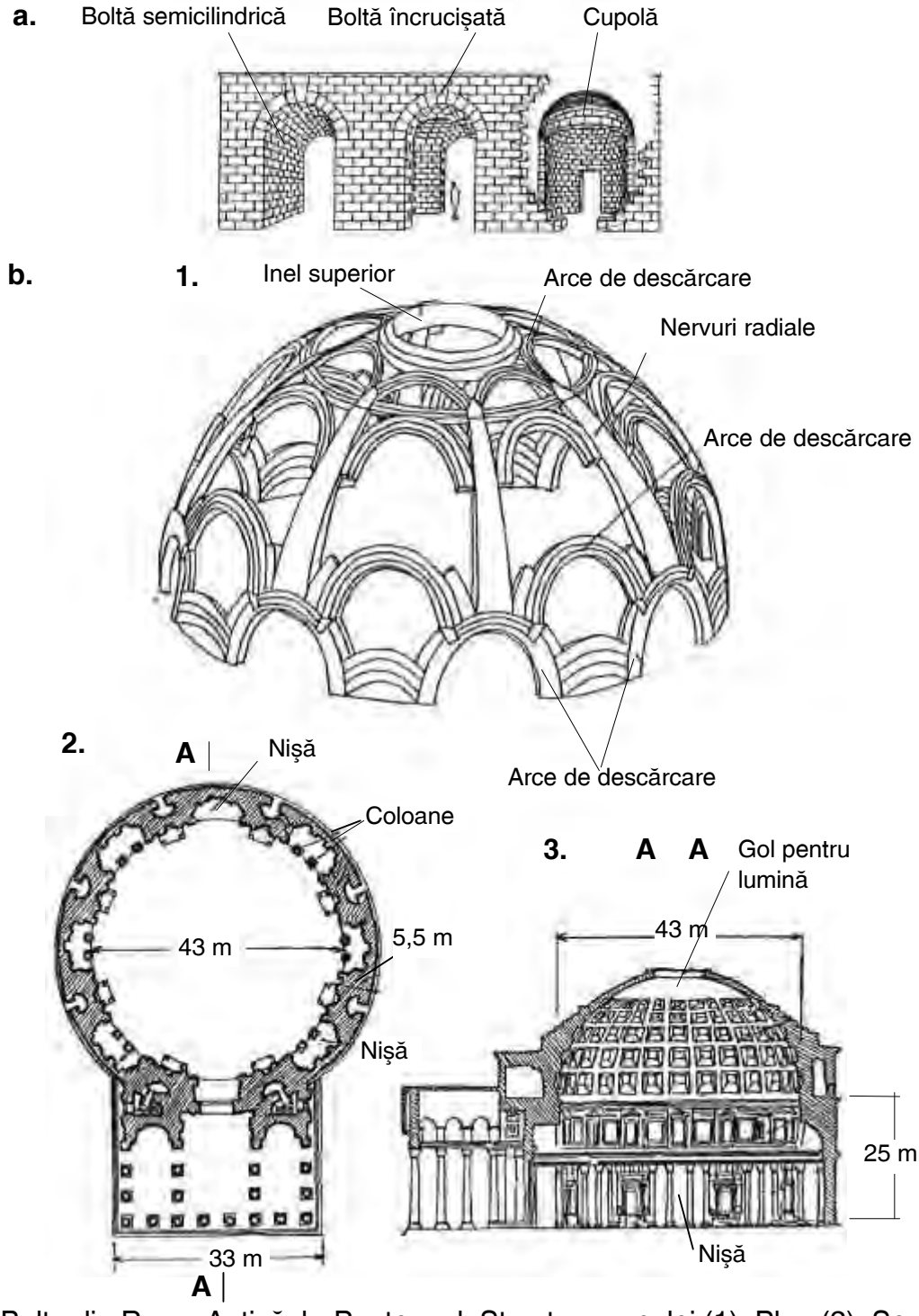


Fig. 5.7 a. Bolta din Roma Antică. b. Panteonul. Structura cupolei (1). Plan (2). Secţiune (3).

un strat de pietriş compactându-se cu maiul. Cofrajele se confecţionau de obicei din elemente ceramice sau piatră lucrată. Deosebit de zidăria executată exclusiv din piatră, zidăria de beton placată cu piatră necesită o manoperă mai puţin calificată.

Folosind materialele în structuri, adecvate proprietăţilor lor romanii preiau şi dezvoltă sistemul de boltire ale truscilor (fig. 5.7). Ca sistem de boltire se folosesc în Roma Antică: bolta semicirculară, bolta încrucişată şi cupola emisferică. În comparaţie cu bolta semicirculară, care transmite sarcini la 2 ziduri longitudinale, permiţând iluminarea prin frontoane, cea încrucişată, rezultată prin intersecţia a 2 semicilindrii rezemând pe 4 puncte, asigură o iluminare corespunzătoare din toate direcţiile. Bolţile semicirculare se segmentează prin arce de cărămidă, formând o osatură rezistentă.

Cupola emisferică se descarcă într-un zid circular, iluminarea fiind asigurată de opeion un gol situat la partea superioară a cupolei.

Construcţiile din epoca Romei Antice, în special cele din timpul Imperiului, marchează un progres faţă de cele din Grecia Antică.

Constructorii Romei Antice au început să separe scheletul portant al construcţiei de elementele neportante şi de umplutură; acest lucru aducea după sine folosirea raţională a mâinii de lucru calificate şi economisirea de materiale.

Trecând de la structura de rezistenţă grindă-stâlp, specifică grecilor la structura boltă-zid, romanii vor schimba aspectul spaţiului interior, creând noi valenţe de alcătuire a planurilor. Încep astfel să dea viaţă spaţiului interior, componentă fundamentală a arhitecturii.

Panteonul. Construcţie celebră a arhitectului-inginer Apolodor din Damasc, Panteonul este cunoscut şi sub numele de templul tuturor zeilor (fig. 5.7).

Vestitul edificiu al Romei Antice şi-a cucerit faima prin imensa cupolă ce acoperea o construcţie circulară în plan (sistem constructiv folosit şi în cazul acoperirii termelor). Cupola are un diametru de 43 m, iar deschiderea golului de la partea superioară are un diametru de 9 m prin mijllocirea unor nervuri zidite, sarcinile se transmit unor arce de decărcare, ce transmit, la rândul lor, încărcările din cupolă numai anumitor puncte ale zidului circular; restul porţiunilor de zid sunt subţiate, folosindu-se ca nişe.

În interior, cupola este acoperită cu 5 rânduri de casetoane, ce descresc pe măsură ce se înalţă către centrul cupolei. Ele impun scara construcţiei. Dimensiunile cupolei sunt subliniate deopotrivă de împărţirea peretelui în două registre.

Zidul circular pe care reazemă cupola are înălţimea egală cu raza cupolei, astfel încât în spaţiul interior al Panteonului se poate înscrie o sferă. Această formă de o deosebită claritate poate fi prinsă dintr-o privire. Cele 8 nişe mari extind suprafaţa interioară a

Panteonului, micşorând masa zidului circular. Coloanele ce separă nişele au drept scop restabilirea vizuală a unităţii dintre perete şi spaţiul de sub cupolă.

De la fundaţii până la partea superioară, Panteonul a fost turnat în straturi orizontale de beton roman, cu straturi intermediare de cărămizi: către partea superioară, balastru devine din ce în ce mai uşor, fiind construit numai din spumă de mare. Reducerea greutăţii proprii a agregatului şi a secţiunii cupolei la partea superioară a determinat mărirea stabilităţii construcţiei. Lumina difuză, care pătrunde prin partea superioară a cupolei, realizează atenuarea policromiei elementelor decorative, a supraîncărcării cu decoraţii, a succesiunii de elemente liniare şi curbe, dând o senzaţie de calm, echilibru şi unitate compoziţiei arhitectonice.

5.4 BISERICA SF. SOFIA

Imperiul roman se împarte, la sfârşitul secolului al 4-lea, în Imperiul de răsărit sau Imperiul Bizantin cu capitala la Constantinopol şi Imperiul de apus. În societatea bizantină, autoritatea absolută a împăratului era sprijiinită de biserica creştină, ce deţinea o poziţie dominantă constituind cea de-a doua mare putere a Imperiului. Ca urmare a acestui fapt, arhitectura construcţiilor monumentale bizantine va preamări puterea împăratului şi a bisericii. Constructorii bizantini au avut în vedere, la realizarea edificiilor de cult, organizarea spaţiului interior, astfel încât să corespundă cerinţelor culturii creştine (bisericile bizantine concentrau mari mulţimi de credincioşi). Drept urmare, forma exterioară va fi oarecum neglijată. Biserica bizantină era concepută pentru a servi nu numai oficierilor religioase, ci şi întrunirilor publice.

Sisteme de boltire. Zidăriile se realizau din cărămidă arsă, cu grosimea de 4-5 cm. Mortarul de var, cu o grosime egală sau mai mare ca a cărămizii, i se adaugă pentru mărirea rezistenţei, cărămidă sfărâmată. Zidurile mixte folosite de bizantini erau executate din cărămidă (3-5 rânduri) alternând cu asize din piatră cioplită.

Preluată de la romani, tehnica boltirii se dezvoltă prin introducerea arcelor care se descarcă prin intermediul capitelurilor la coloane. Acest sistem conduce la separarea coloanei de antablament. Bolţile sunt construite din asize de cărămidă fără cofraje de susţinere. Cele două arce diagonale ale bolţii încrucişate bizantine sunt arce de cerc, în consecinţă intersecţia arcelor diagonale (cheia bolţii) este la o cotă superioară celei a cheilor celor 4 arce frontale.

Cea mai importantă realizare a constructorilor de bolţi bizantine a constituit-o acoperirea unui plan pătrat cu o cupolă prin intermediul pandantivilor (triunghiuri sferice). Planul pătrat este format din stâlpi de susţinere, legaţi între ei prin arce de descărcare. Spre deosebire de cele

Cupola bizantină. Structura Bisericii 'Sf. Sofia'

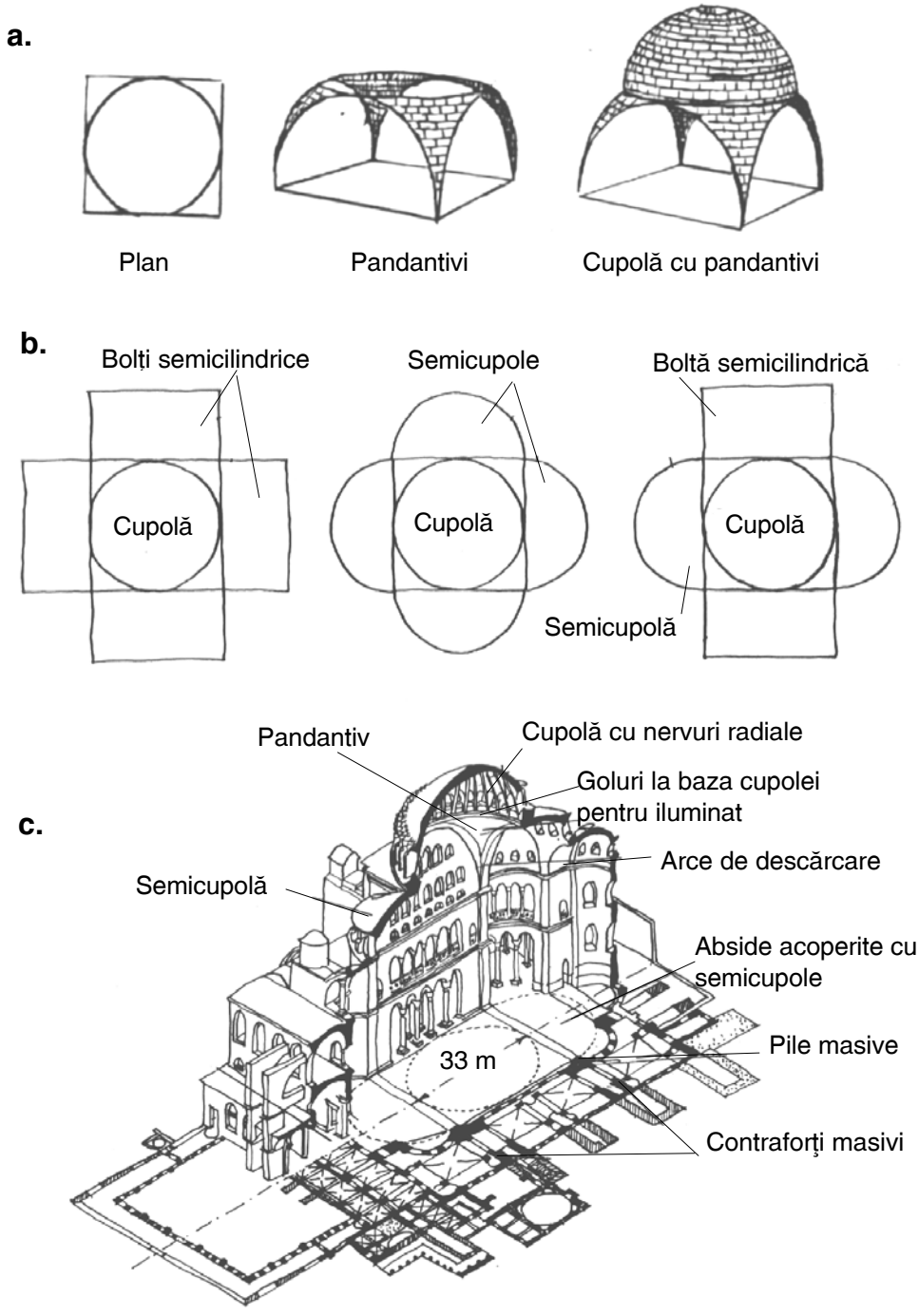


Fig. 5.8 Cupola bizantină. a. Alcătuire. b. Preluarea împingerilor.(bolţi semicilindrice, semicupole, bolţi semicilindrice şi semicupole) c. Biserica Sf. Sofia

romane (la care iluminarea se face prin partea superioară), la cupolele bizantine iluminarea naturală se realizează prin ferestre amplasate la naşterea cupolei, între nervuri. La cupola bizantină se remarcă sistemul ingenios de preluare a împingerilor cupolei centrale prin semicupole sau bolţi semicilindrice. Aşezarea acestora în cele 4 direcţii principale ale planului pătrat dă naştere unui plan sub formă de cruce greacă (cruce cu 4 braţe egale).

Biserica Sf. Sofia . Dacă la egipteni templele erau destinate unor procesiuni solemne, iar la greci şi la romani erau considerate locuinţe ale zeilor, la bizantini ritualul creştin se desfăşura în incinta edificiului, în faţa întregii comunităţi. În consecinţă, arhitecţii bizantini vor fi preocupaţi de organizarea cu precădere a spaţiului interior, preconizat a fi cât mai cuprinzător posibil (fig. 5.8).

Bisericile creştine sub formă de construcţii centrale (bazilice cu cupolă), au în plan formă circulară, ortogonală sau pătrată. Caracteristica acestor construcţii de tip central o constituie contrastul izbitor între partea centrală de mari dimensiuni iluminată de sus şi restul edificiului, alcătuit din galerii de înălţimi reduse, slab luminate (destinate credincioşilor), ce înconjoară spaţiul central.

La Constantinopol în secolul al 6-lea constructorii Anthemios din Tralles şi Isodor din Milet vor concepe şi construi biserica Sf. Sofia , simbol al puterii centralizate a împăratului şi a supremaţiei bisericii creştine. Acest edificiu este unul din cele mai importante monumente ale arhitecturii mondiale. Planul dreptunghiular al acestui edificiu are drept nucleu un imens pătrat central, marcat de 4 stâlpi masivi. Pătratul central al bisericii este acoperit de o cupolă cu un diametru de 33 m (deschidere spectaculoasă şi temerară pentru acele timpuri). Prin intermediul pandantivilor sferici cupola descarcă sarcinile pe arce care la rândul lor reazemă pe stâlpi masivi. Împingerile laterale ale arcelor de descărcare se anulează pe două laturi în semicupole, iar pe celelate două se echilibrează prin contraforturi masive, legaţi de stâlpii de susţinere. Acest edificiu oglindeşte strălucit aplicarea sistemului constructiv, tipic construcţiilor bizantine stabilitatea edificiului e asigurată prin echilibrarea reciprocă a eforturilor din bolţi.

Structura de rezistenţă a cupolei constă din nervuri radiale, care, la partea inferioară, se sprijină pe un inel întărit cu contraforturi (în dreptul nervurilor); la partea superioară, nervurile se întretaie în centrul cupolei. Iluminarea spaţiului central al edificiului se face prin golurile dintre nervuri situate la baza cupolei. Cupola a fost realizată din cărămizi uşoare din tuf vulcanic.

Spaţiul interior al bisericii Sf. Sofia a fost astfel decorat, pentru a atenua impresia de masivitate. Acest deziderat s-a realizat prin ornamentarea cu

mozaicuri a arcelor şi a pandantivilor. Expresivitatea mozaicului bizantin este conferită de folosirea unui fond auriu, diversele pietre ale mozaicului distingându-se de la distanţe apreciabile. Aspectul strălucitor al acestui fond auriu, în special pe suprafeţele curbate creează impresia de incomensurare.

În cazul acestui însemnat edificiu, faţadele exterioare sunt lipsite de elemente decorative - aceasta este, de altfel, o trăsătură tipică a arhitecturii bizantine timpurii şi medii.

După cucerirea Constantinopolului de către turci, biserica devine moschee.

5.5. BOLŢILE ROMANICE

Denumirea improprie, de arhitectură romanică aparţine istoricilor de artă din prima jumătate a sec al 19-lea; se consideră că arhitectura romanică ar avea legătură cu cea romană, iar termenul ce o denumeşte este specific popoarelor ce vorbesc limbi romanice. Arhitectura romanică s-a dezvoltat în general în ţările europene catolice. Spre est şi sud, expansiunea romanică este oprită de influenţa arhitecturii bizantine adoptată de ţările ortodoxe. Arhitectura bizantină era din punct de vedere conceptual şi tehnic, mult mai evoluată decât cea romanică. Arhitectura romanică s-a conturat l-a începutul trecerii de la feudalismul timpuriu la cel dezvoltat (sec. 11 şi 12). În epoca romanică se naşte oraşul medieval şi începe procesul de formare a statelor centralizate din apusul Europei. Arhitectura romanică se dezvoltă sub imperiul a două dominante: feudalismul şi biserica catolică. Aceasta din urmă devine o însemnată putere politică şi ideologică a Evului Mediu, întreţinând ideea că arta poate devini o adevărată biblie pentru analfabeţi . Astfel biserica domină rigid întreaga viaţă culturală. Conceptele religioase îşi vor imprima pecetea asupra arhitecturii romanice. Constructorii romanici sunt preocupaţi de realizarea unui spaţiu interior foarte încăpător şi bine acoperit locul de desfăşurare a ceremonialului religios era ales astfel, încât să concentreze atenţia credincioşilor şi să creeze atmosferă mistică.

Sisteme de execuţie. Pereţii edificiilor romanice, ce preiau împingerile bolţilor, au o grosime aprecibilă obţinută de cele mai multe ori prin ridicarea a două rânduri de zidărie, spaţiul dintre ele fiind umplut cu piatră sfărâmată. Bolta romanică se încadrează aceloraşi tipuri, folosite şi de constructorii Romei Antice: bolta semicilindrică şi bolta încrucişată, simplă sau nervurată. Spre deosebire de bolta folosită în Roma Antică, bolta romanică era mai subţire, mai uşoară, având deasupra o şarpantă de lemn. Datorită acestui fapt, bolta avea muchii proeminente spre interior alcătuită din bolţari de piatră; împreună cu nervurile situate în lungul muchiilor proeminente, pentru fortificare, bolta creează o structură spaţială. Privită comparativ cu bolta antică (rezultată din intersecţia a doi cilindrii de aceeaşi rază, obţinându-

Edificii romanice

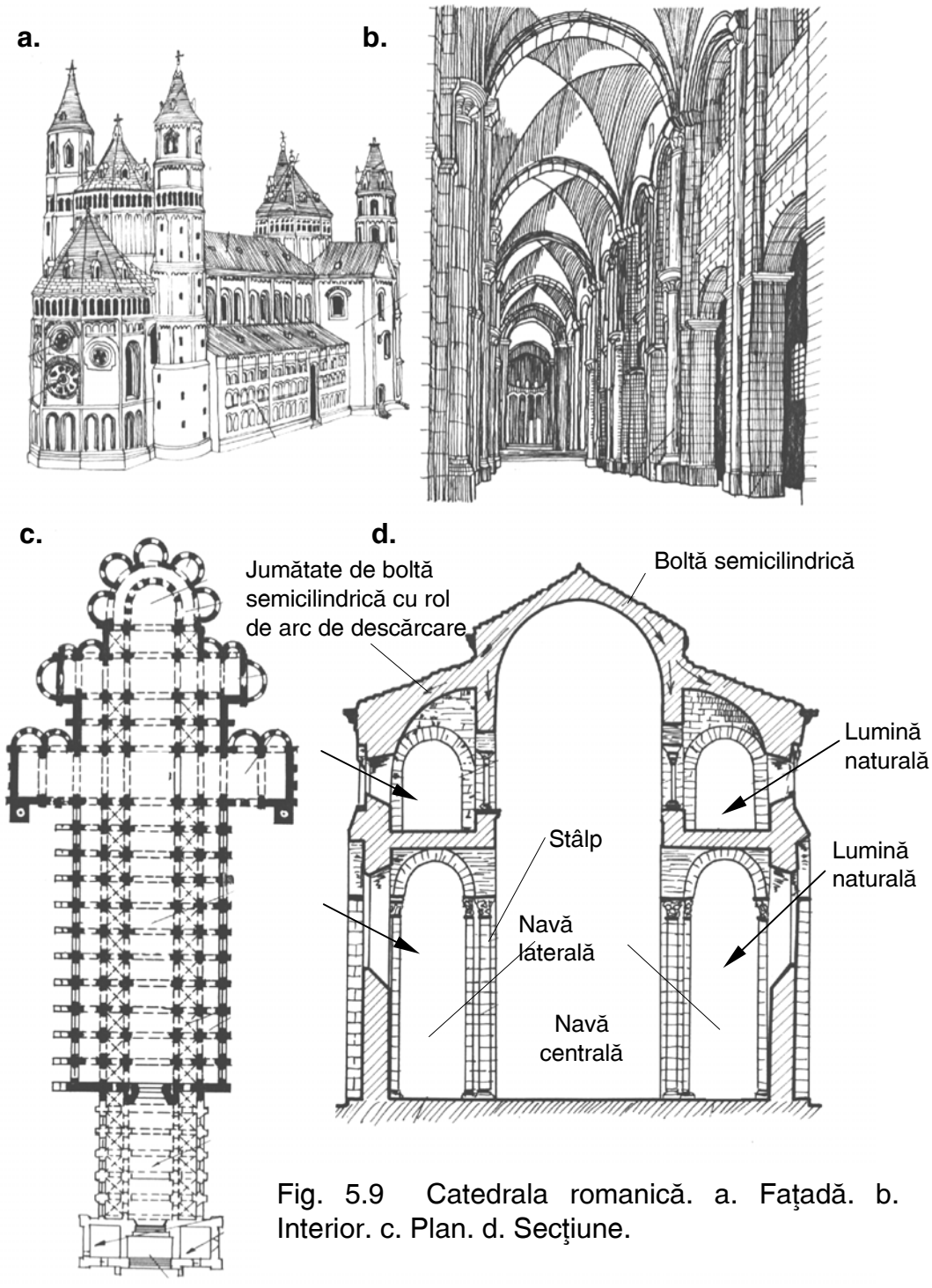


Fig. 5.9 Catedrala romanică. a. Faţadă. b. Interior. c. Plan. d. Secţiune.

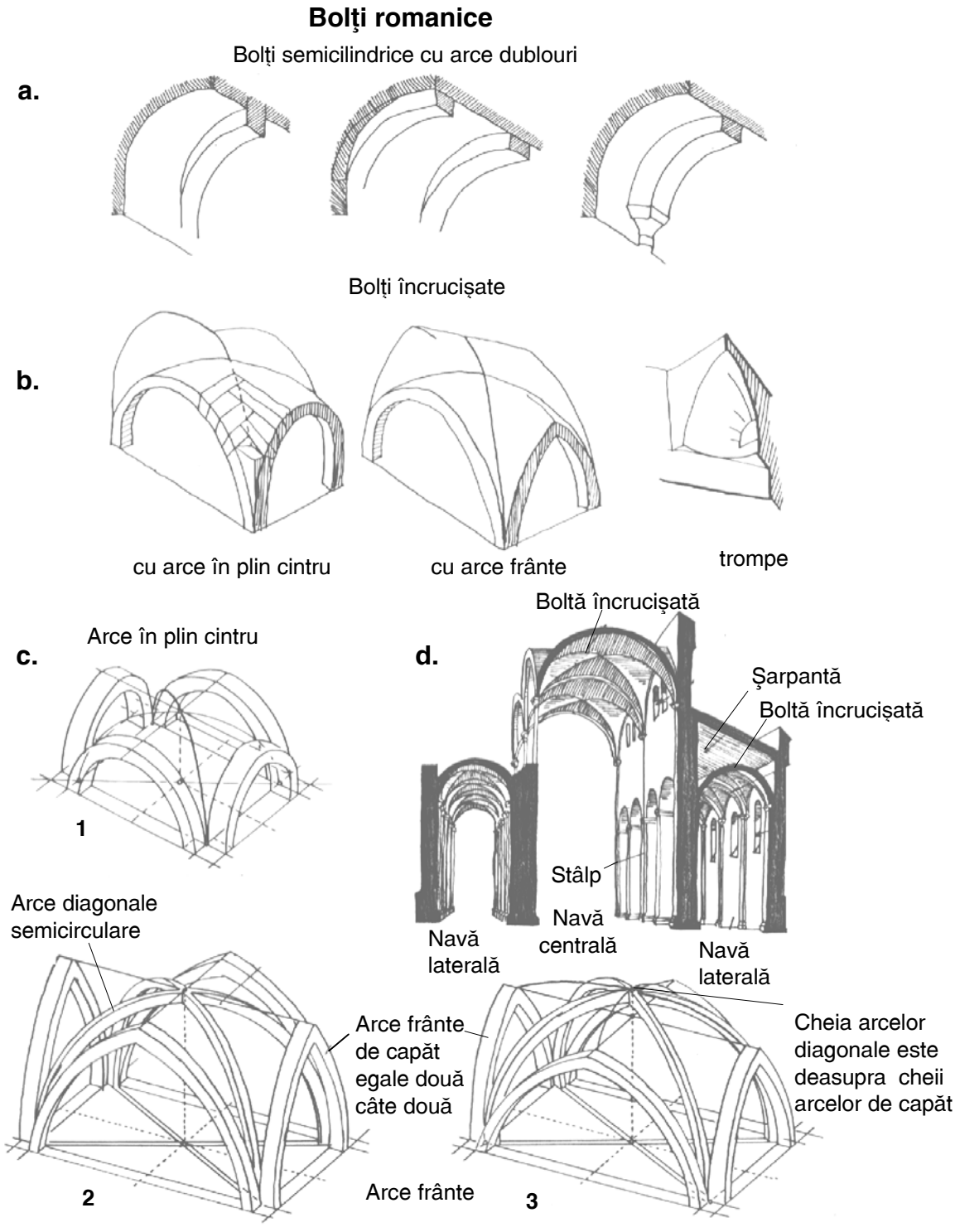


Fig. 5.10 a. b. Bolţi romanice. c (1, 2, 3) Trasarea arcelor de capăt şi diagonale.
d. Bazilica cu bolţi încrucişate

se 4 arce de capăt semicirculare egale între ele şi două arce diagonale semieliptice, bolta încrucişată romanică are arcele diagonale semicirculare, pe când cele de capăt pot fi semicirculare egale între ele sau egale două câte două (cele opuse). Arcele diagonale în plin cintru implică supraînălţarea arcelor de capăt. Faţă de bolta semicilindrică, cea încrucişată e mai simplă, transmiţând presiuni mai mici. Către sfârşitul perioadei romanice, alături de arcele în plin cintru apar arcele frânte (obţinute din două arcuri de cerc) cu aceeaşi rază, trasate din centre diferite plasate pe aceeaşi orizontală), folosite la deschideri sporite. Acest arc permite traveelor mici să obţină aceeaşi înălţime pe traveele mari. Prin forma sa, arcul frânt este aparent mai uşor decât cel în plin cintru, pentru densităţi şi volume egale. Aceste arce frânte marchează mai bine articulaţia de la cheie.

Împingerile bolţilor erau preluate la navele laterale de zidul portant masiv sau de zidul cu contraforturi. Aceste sisteme de boltire erau utilizate la edificiile religioase romanice.

Din punct de vedere al sistemului de acoperire, edificiile de cult romanice, se împart în construcţii de tip hală şi tip bazilică. Structurile tip hală cuprind sub acelaşi acoperiş nava centrală şi cele colaterale. Împingerile bolţii ce acoperă nava centrală sunt preluate de bolţile de deasupra navelor colaterale, îndeplinind rolul unui arc de descărcare, fiind aşadar prototipul viitorului arc butant. Iluminarea întregului plan al edificiului se face numai prin ferestrele laterale. Structura tip bazilică are nava principală mai înaltă decât cele colaterale, pentru a primi direct lumina naturală.

5.6. CATEDRALA GOTICĂ

Termenul impropriu de gotic , atribuit acestei arhitecturi medievale era sinonim cu barbar . Denumirea aparţine artiştilor Renaşterii Italiene, care considerau această arhitectură drept haotică şi lipsită de armonie. Arhitectura gotică se conturează în perioada feudalismului târziu. Este perioada de creere a statelor centralizate din apusul Europei şi unele oraşe-republici independente (în Italia). Ca şi în perioada romanică, preocupările ştinţifice sunt practic inexistente. Orice concluzie cu caracter ştinţific, fie şi sporadică ce contrazice textele biblice e curmată de Inchiziţie.

Sisteme de execuţie. Acumularea cunoştinţelor legate de tehnica construcţiilor va conduce la apariţia breslelor pe specialităţi, alcătuite în special din meşteri laici.

Edificiile gotice vor oglindi, de altfel, pătrunderea gândirii raţionale în tehnica construcţiilor. Tehnica prelucrării pietrei, va atinge un nivel neobişnuit, atât în confecţionarea ornamentelor cât şi a elementelor constructive propriu-zise. Pătrunderea gândirii raţionale în concepţia edificiilor este evidenţiată de tendinţa de reducere a greutăţii bolţilor şi zidurilor. Această uşurare a construcţiei va conduce la economii

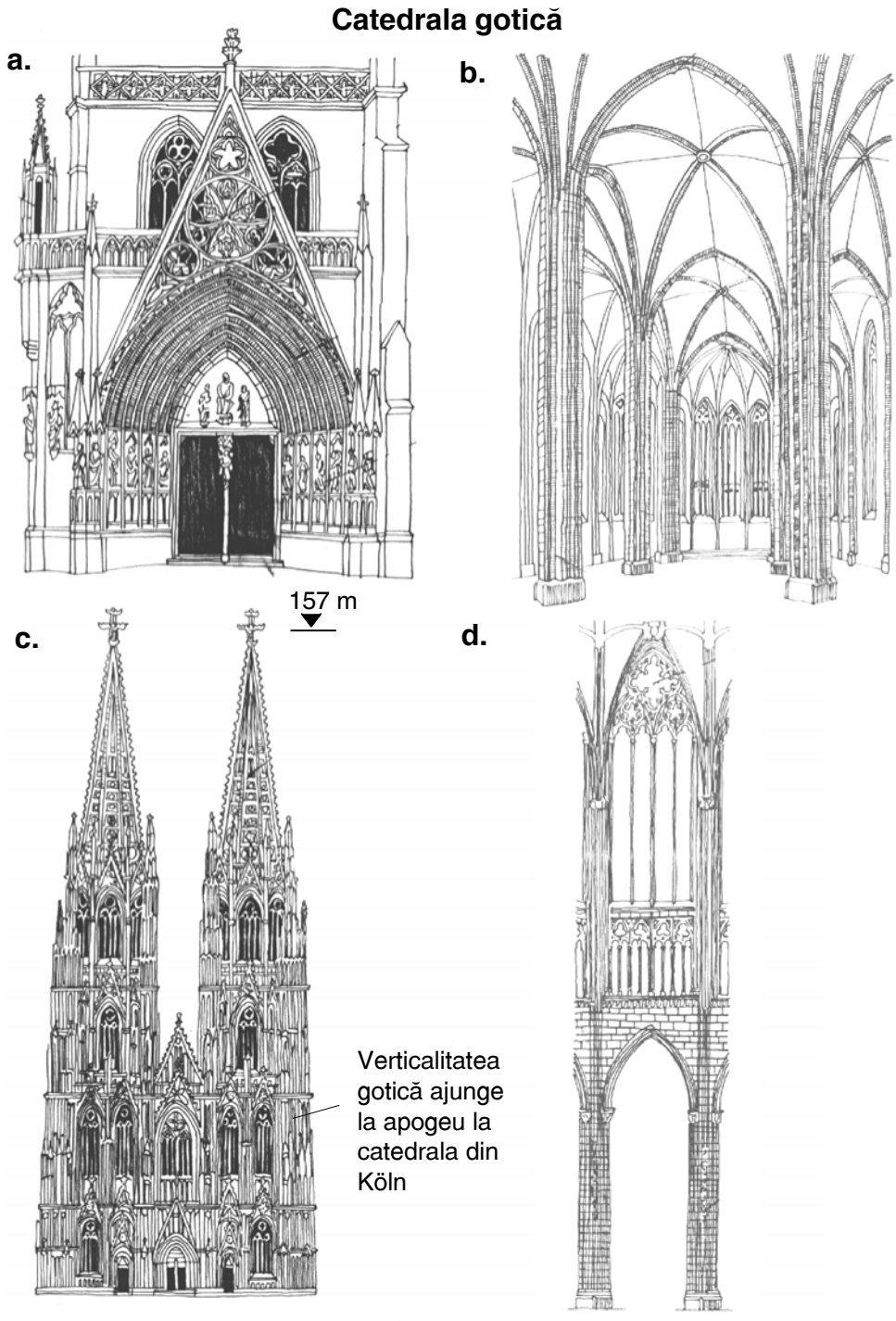
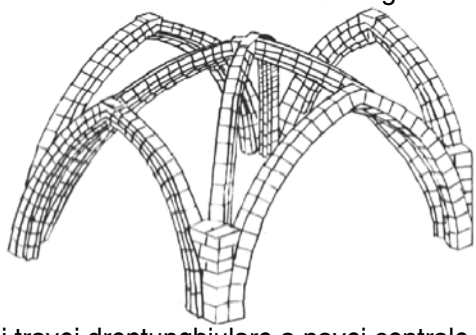


Fig. 5.11 Catedrala gotică. a. Portal. b. Interior. c. Faţadă. d. Vedere longitudinală a navei centrale.

Sisteme de execuţie gotice

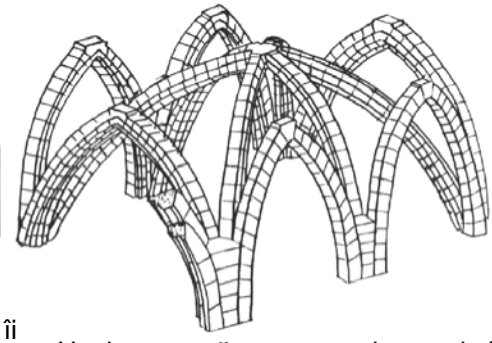
a.

1. Structura sistemului nelegat.



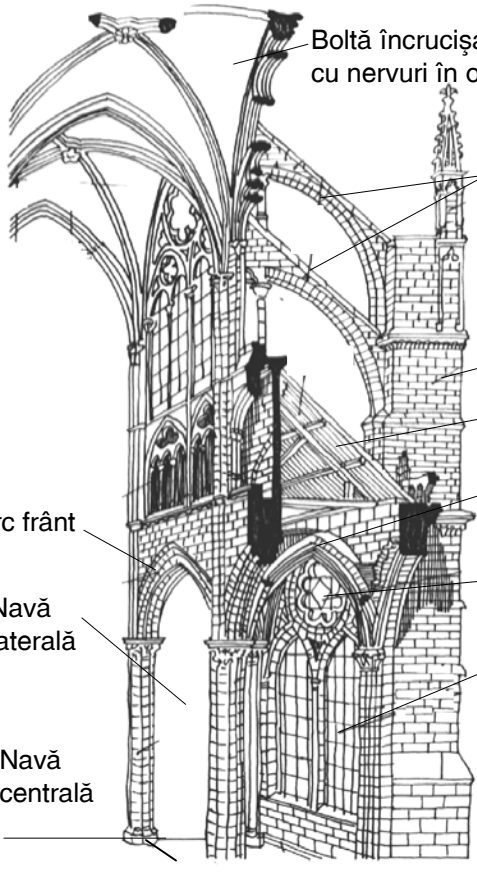
Unei travei dreptunghiulare a navei centrale îi corespunde o travee pătrată a navelor laterale

2. Structura sistemului nelegat

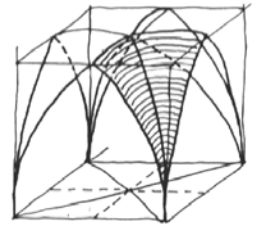


Unei travee pătrate a navei centrale îi corespund două travee pătrate ale navelor laterale

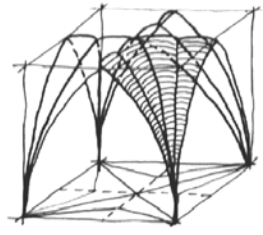
b.



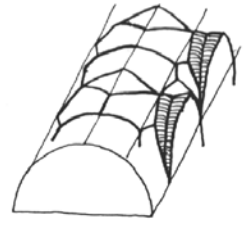
c.



1. Boltă încrucişată



2. Boltă stelată



3. Boltă tip plasă

d.

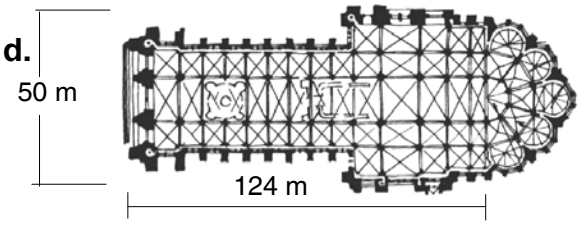


Fig.5.12 Catedrala gotică. a (1, 2). Structura arcelor în ogivă. b. Secţiune. c (1,2,3). Bolta gotică. d. Plan

însemnate de material, spaţiu şi manoperă.

La construcţiile gotice sistemele de execuţie folosite pentru acoperire sunt bolţile subţiri, cu panouri şi nervuri susţinute de coloane. Împingerile laterale sunt preluate de contraforturi şi arce butante. Pentru folosirea acestor sisteme de preluare a împingerilor laterale, zidul foarte gros din perioada romanică este înlocuit cu un schelet, zid subţire neportant şi o suprafaţă mare vitrată. La unele catedrale pe unele porţiuni zidul dispare, ramânând numai scheletul şi sticla vitrată. Suprafeţele mari de sticlă vitrată au dus la realizarea unei impresii spectaculoase de continuitate între interiorul şi exteriorul edificiului, ceea ce constituie una din caracteristicile spaţiului gotic.

Bolţile gotice acoperă travee dreptunghiulare sau pătrate, cu laturi ajungând până la 12-16 m., bolţile au structură nervurată. Nervurile sunt alcătuite din arce frânte în ogivă, întretăiate, ce preiau eforturile de la panourile de piatră şi le repartizează în cele patru unghiuri. Traseul nervurilor se caracterizează prin arcul diagonal, arcele de capăt şi prin arcele dublouri. Uneori există o diferenţă între înălţimea ogivelor diagonale şi arcele de capăt, astfel încât bolta cu muchii tinde să devină o cupolă nervurată, fasonată în formă de stea (bolta sexpartită) prin adăugarea unei nervuri suplimentare, de piatră. Sporirea numărului de nervuri duce la o micşorare a suprafeţei panourilor bolţii ceea ce determină acoperirea unei suprafeţe mari sau, spre sfârşitul perioadei gotice, formarea unui fastuos motiv decorativ.

Bolta încrucişată, cu nervuri în ogivă prezintă avantajul că poate alcătui şi alte forme în plan decât cea dreptunghiulară sau pătrată - forme triunghiulare, poligonale. Bolta încrucişată nervurată va deveni, în perioada gotică, bolta sexpartită (stelată), pentru ca în cele din urmă să se transforme în boltă-evantai. Nervurile bolţilor gotice se executau din piatră cioplită iar panourile de boltă din zidărie de cărămidă uşoară. Se cuvine semnalat faptul că meşterii gotici deţineau înalte cunoştinţe de tehnica stereotomiei, îmbinând perfect criterii geometrice, statice şi estetice.

Ca elemente portante ce transmit încărcările de la bolţi, constructorii din perioada gotică au folosit pila (stâlp interior), arcul butant şi contrafortul. Pila evoluează de la secţiune simplă (circulară) la secţiuni mai complicate, incluzând şi colonetele (prelungirile nervurile bolţii).

Elementul într-adevăr original, inventat din necesitate, al constructorilor gotici, este arcul butant, care asigură echilibru bolţilor înălţate pe pile. El transmite împingerile laterale de la boltă la contrafort. La început, arcul butant era amplasat în acoperişul însuşi al navei laterale, apoi s-a degajat de masa lui, pentru ca, în cele din urmă să se înalţe izolat în spaţiu, participând la estetica centrală a catedralei. Pentru o mai mare eficacitate constructorii gotici

înlocuiesc arcul unic prin două arce amplasate deasupra şi dedesubtul zonei de împingere. Ca o consecinţă a acestei evoluţii a arcului butant, secţiunile pilelor se micşorează, iar înălţimea lor creşte; totodată, va creşte corespunzător suprafaţa de sticlă vitrată în dauna zidului exterior. Contraforturile care primesc împingerile arcelor butante sunt picioare masive din zidărie aşezate în exteriorul zidurilor perimetrale.

Catedrala gotică este programul principal al arhitecturii gotice fiind biserica ce adăposteşte jilţul episcopal. Prin reducerea secţiuniii elementelor de susţinere (pile), prin sporirea înălţimii navei centrale şi prin decoraţia bogată clădirile catedralelor gotice se remarcă printr-o subliniată tendinţă spre verticalitate. Aceste edificii, ce serveau drept loc de oficiere a cultului şi drept sediu al reuniunii politice şi festive organizate de rege, erau constituite cu sprijinul întregii colectivităţi a oraşului medieval. Datorită proiectelor extrem de ambiţioase, lucrările de construcţii ale catedralelor gotice depăşeau, în timp, o generaţie extinzându-se vreme de 2-3 secole.

Planul catedralei gotice are formă de cruce latină. Tipurile de secţiune transversală folosită de constructorii gotici sunt aceleaşi din perioada romanică: bazilica şi biserica tip hală. Contrastul dintre dimensiunile pe verticală şi orizontală ale spaţiului interior constituie una dintre caracteristicile catedralelor gotice.

Accentuarea acestui raport între dreptunghiul secţiunii transversale sau longitudinale şi dreptunghiul planului va creea diferenţele de înălţime, ce se fac simţite la diferite edificii gotice. De menţionat că acest contrast va creşte cu atât mai mult cu cât înaintăm spre nord, spre Germania. Edificiile gotice îmbină cele două direcţii: cea verticală (dominantă la templele egiptene) şi cea orizontală (caracteristică bazilicilor bizantine). Catedrala gotică este edificiul unui mit, deoarece nu este construită la scară umană (contrastând cu templul grecesc), aşadar va degaja o impresie de măreţie copleşitoare asupra privitorului.

5.7. MĂNĂSTIRILE DIN MOLDOVA

În epoca lui Ştefan cel Mare şi Petru Rareş, în Moldova s-au înălţat cele mai numeroase şi reprezentative monumente de arhitectură medievală al căror specific local se afirmă riguros, astfel încât, sub aspectul originalităţii, formele stilistice nu-şi găsesc nicăieri analogii. În această perioadă de puternic avânt economic, târgurile Moldovei s-au înmulţit şi conturat ca aşezări urbane autonome. Intensa activitate în domeniul clădirilor de cult şi caracterul specific al operelor arhitectonice se explică tocmai prin dezvoltarea meşteşugurilor şi recrutarea unui număr din ce în ce mai mare de meşteri autohtoni.

Sisteme de execuţie. Zidurile, care definesc planul mănăstirilor

Sisteme de execuţie la mănăstirile din Moldova

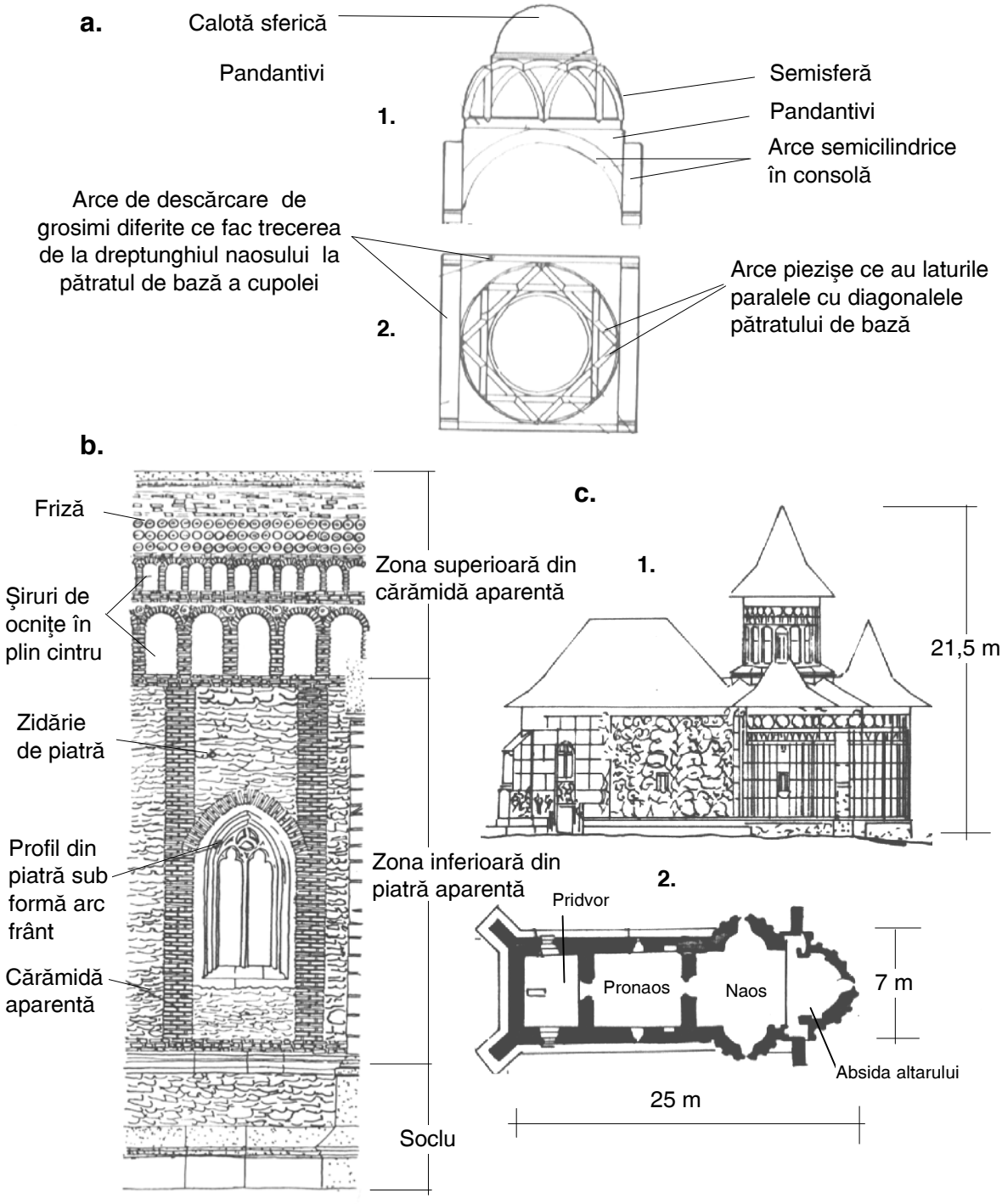


Fig.5.13 Mânăstirile din Moldova. a (1,2). Sisteme de boltire. b. Detaliu faţadă. c (1,2). Faţadă. Plan.

Mănăstirile din Moldova. Alcătuire. Sistem de boltire

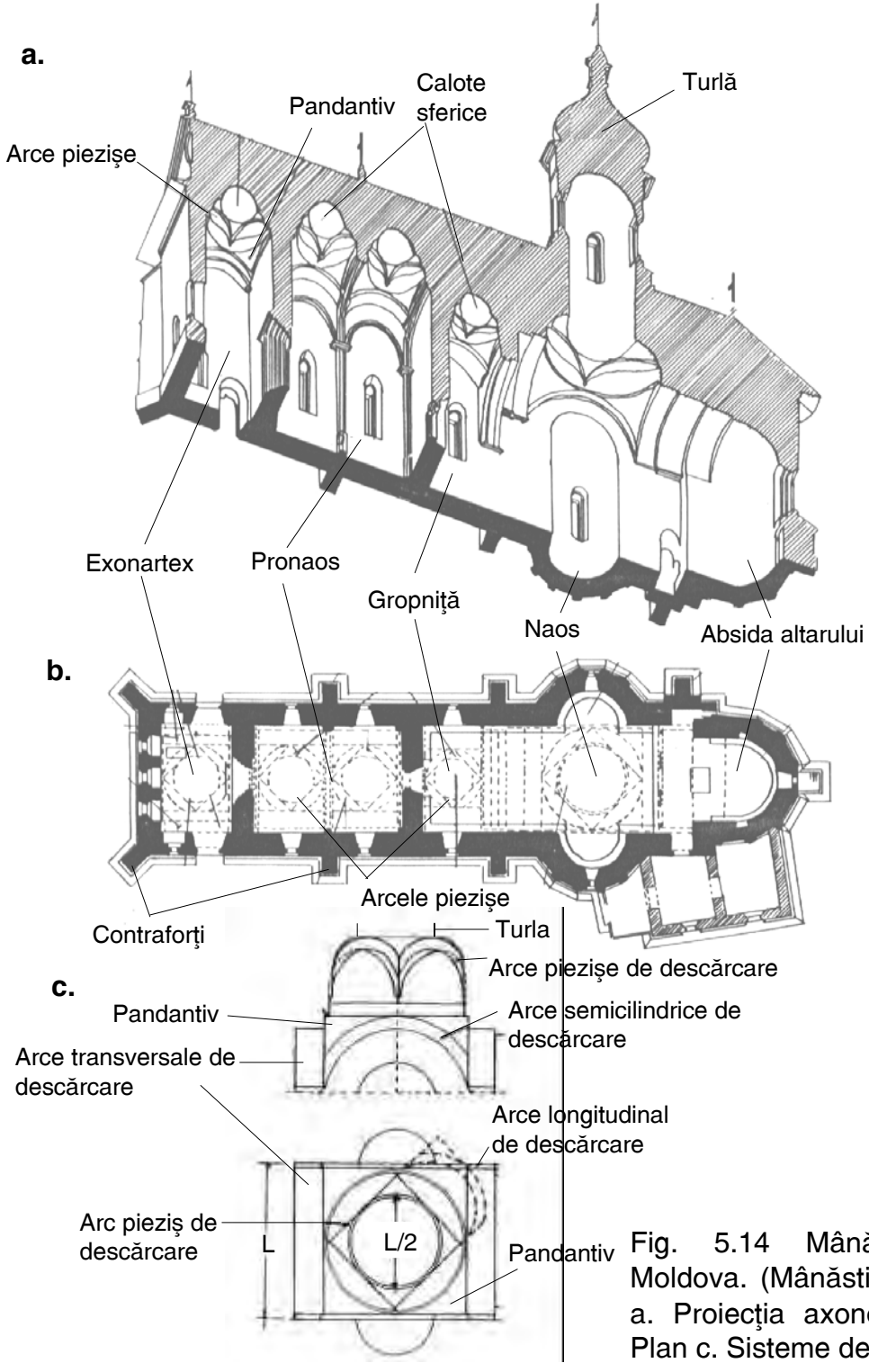


Fig. 5.14 Mânăstirile din Moldova. (Mânăstirea Neamţ) a. Proiecţia axonometrică b. Plan c. Sisteme de boltire

moldoveneşti sunt alcătuite din: miez şi feţe (interioară şi exterioară). În componenţa miezului intră: piatra spartă, piatra de râu şi cărămida, legate cu mortar. Prinse intim de miez, feţele exterioare erau la început din material aparent iar apoi în timpul lui Petru Rareş erau tencuite şi acoperite cu fresce. Interiorul era acoperit complet cu fresce. Piatra şi cărămida care alcătuiau paramentul zidului, erau puse în operă astfel: prima parte a zidului (2/3 din înălţime) sub planul de naştere al bolţilor, era alcătuită din piatră; a doua parte a zidului (1/3 din înălţime), ce susţinea numai acoperişul, fiind protejat de o streaşină proeminentă, era confecţionată din cărămidă. Ultima treime a zidului juca un rol hotărâtor în plastica de ansamblu a monumentului.

Bolţile moldoveneşti se impun ca un sistem constructiv deosebit de original prin care constructorii moldoveni au rămas neîntrecuţi. Comparativ cu soluţiile bizantine şi gotice, conform cărora împingerile bolţilor erau preluate de pile masive interioare sau contraforturi exteriori, constructorii din Moldova au urmărit să păstreze partea de jos a clădirii fără nici un fel de obstacol. Datorită grosimii mari a zidurilor şi a deschiderilor mici bolţile nu au nevoie de puncte de sprijin intermediare. Descriem mai jos cele mai ingenioase sisteme de boltire folosite de constructorii români.

- Patru arce în plin cintru, construite în consolă şi făcând corp comun cu zidăria pereţilor, vor duce la transformarea dreptunghiului încăperii (naosului) în pătrat. Aceasta se realizează prin introducerea arcelor inegale ca grosime: cele două în direcţii transversală a încăperii sunt foarte late (100-120 cm). Pe aceste patru arce se ridică acelaşi număr de pandantivi (ce fac trecerea de la planul pătrat la cel circular), pe care se înalţă un scund tambur cilindric. În interiorul acestui tambur vertical, sunt înscrise patru arce în plin cintru dispuse pieziş (arcele paralele cu diagonalele pătratului determinate de cele patru arce mari). Deasupra acestor arce se construieşte turla, a cărei lăţime era egală cu jumătate din lăţimea naosului. Ingeniozitatea sistemului de boltire constă în aceea că transformă planul dreptunghiular în unul pătrat, iar pe acesta în unul circular, înlăturând la bază orice punct de sprijin, ce ar incomoda circulaţia sau vederea şi înlăturând în acelaşi timp lăţimea golului, pentru a da zvelteţe turlei.
- Alt sistem de boltire cu o notă mai subliniată de originalitate porneşte de la cele patru arce în plin cintru în consolă şi de la cei patru pandantivi, deasupra cărora se ridică un foarte scurt inel cilindric. Deasupra acestuia sunt situate o semisferă şi opt arce în plin cintru, egale. Intersectându-se cu o sferă şi între ele acestea iau aspectul unei împletituri stelate, nervurate. Arhivoltele nervurilor stelate generează, în partea de sus o prismă ortogonală peste care, sprijinită de opt pandantivi, se înalţă o calotă sferică.

Mănăstirea moldovenească. În vederea ridicării lor, constructorii trebuiau să conceapă încăperi necesare adăpostirii unui număr relativ mic de oameni, urmărind totodată ca edificiul să capete un aspect monumental.

Planul bisericii moldoveneşti era alcătuit conform ceremonialului şi ritualului cultului ortodox: încăperea altarului, naos, pronaos, completat uneori cu pridvor şi grovniţă (camera mormintelor). Interiorul mănăstirilor moldoveneşti degajă o atmosferă calmă cu o nuanţă de mister realizată prin slaba iluminare şi frescele cu caracter religios. Ferestrele au fost încadrate cu chenare din piatră prelucrată cu elemente arhitectonice de influenţă gotică. Uşa este încadrată de un chenar dreptunghiular din piatră, decorat cu două sau trei mărgele verticale având o combinaţie de elemente gotice şi de stil renascentist.

Faţadele bisericilor moldoveneşti constituie un exemplu de artă şi logică constructivă ca şi de un remarcabil bun gust. Cele două părţi ale zidului înconjurător, de faţadă sunt tratate diferit. Partea de jos (2/3 din înălţime) o suprafaţă de piatră aparentă, cu aspect aparent neregulat are numai câteva accente cu caracter decorativ: profile de soclu, coronamente de contraforturi, chenare de uşi şi ferestre. Soclu, înalt, proeminent, este compus din două profile simple, suprapuse, despărţite de o fâşie de zidărie executată din piatră brută. Profilul de jos, tratat ca o învelitoare cu pantă lină, sugerează ideea unei bănci continue.

Ultima treime a zidului exterior este executată din cărămidă aparentă. Acesta se compune din şiruri suprapuse din mici firide oarbe (ocniţe) şi o friză lată cu două, trei şiruri de discuri de teracotă divers colorată şi smălţuită. Faţadele sunt fragmentate de contraforturi, la început decorative din piatră făţuită, apoi pictate, ca şi restul faţadei.

Acoperişul edificiilor de cult moldoveneşti este elementul care influenţează în cel mai înalt grad aspectul global al monumentului. Cele două tipuri de acoperiş sunt: cel unitar, al bisericilor cu plan drept, cu pante mari, având înălţimea aproximativ aceeaşi cu a trupului bisericii, şi cel al bisericilor cu turlă, fragmentat în volume egale cu părţile esenţiale din plan.

Frescele de pe pereţii exteriori, executate în perioada lui Petru Rareş îmbracă pereţii de la soclu până la ştreaşină. Zugrăvelile exterioare au rezistat peste veacuri tuturor intemperiilor. Procedeul zugrăvirii totale de o valoare tematică şi artistică remarcabilă conferă mănăstirilor din Moldova un caracter întru totul deosebit, unic în întreaga lume.

Capitolul

6

COORDONAREA MODULARĂ

6.1 GENERALITĂŢI

Coordonarea dimensiunilor unei clădiri este un sistem unitar ce stabileşte dimensiunile elementelor de construcţii şi instalaţiilor aferente. Acest sistem unitar de dimensionare se realizează în faza de concepţie a clădirii.

Folosirea coordonării dimensionale creează condiţii favorabile introducerii în concepţia clădirilor a execuţiei industrializate a elementelor de construcţii. În vederea optimizării acestei activităţi, este necesară o unificare , dar şi o limitare a numărului de dimensiuni utilizate în execuţia clădirilor (a fabricatelor cărămizi; fâşii de planşeu, panouri mari). Acest lucru va determina realizarea unui număr redus de tipuri de elemente prefabricate, ceea ce poate conduce, de exemplu, la refolosirea cofrajelor de un număr mai mare de ori.

Istoric. De-a lungul istoriei, omul a încercat să creeze un sistem de măsurare a dimensiunilor obiectelor realizate de el, prin utilizarea ca unitate de măsură, a diferitelor părţi ale corpului uman (pas, picior, cot, cap). Dimensiunile unui obiect se percep mai bine dacă se compară cu cele ale omului. Pentru ca obiectele din jurul nostru să aibă măsura omului, care le foloseşte, este necesară cunoaşterea dimensiunilor medii ale corpului uman, dar şi spaţiul ocupat de om în diferite mişcări şi poziţii.

Din cele mai vechi timpuri au existat reguli de proporţionare a corpului uman, astfel, s-au stabilit relaţii între dimensiunile diferitelor părţi ale corpului uman. În secolul trecut, Neufert a stabilit o relaţie între subansamblurile corpului uman şi secţiunea de aur , dreptunghi

cu laturile m şi M ce satisface raportul m/M = M/(m+M). Altă regulă de proporţionare a corpului uman, bazată pe secţiunea de aur, este introdusă de Le Corbusier şi denumită modulator (dimensiunea de bază a modulatorului este 1,829).

Sistemul metric utilizat în prezent pe plan internaţional a avut ca definire a unităţii de măsură, la începutul secolului 19 metrul ca a zecea milioana parte din lungimea sfertului meridianului terestru, ca după un secol să fie definit ca lungimea prototipului internaţional din platină şi iridiu metrul etalon.

6.2. COORDONAREA MODULARĂ

Este operaţia de aplicare a unui sistem unitar de dimensionare a construcţiilor în ansamblu şi a elementelor componente pe baza unei unităţi de lungime aleasă arbitrar, denumită modul de bază. Acesta se notează cu M şi are valoarea în sistemul metric M = 100 mm.

Coordonarea modulară se realizează prin utilizarea modulilor derivaţi: multimoduli şi submoduli.

Multimodulii sunt multipli ai modulului de bază (n.M). Valorile acestora pentru clădiri civile sunt date pentru dimensiunile de coordonare modulară în plan orizontal: 3M, 6M, 12M, 15M, 30M şi 60M iar în plan vertical pentru construcţiile de locuinţe, se recomandă 26M...30M pentru înălţimea nivelurilor şi 20M...28M pentru lumina încăperilor. Valorile pentru dimensiunile de coordonare modulară în plan orizontal sunt destinate dimensionării elementelor de construcţii, ansamblurilor de elemente şi spaţiilor clădirilor.

Submodulii sunt valori fracţionate ale modulului de bază (M/n , n număr întreg). Submodulii (M/2, M/4, M/5, M/10, M/20, M/50, M/100) se utilizează la dimensionarea , de exemplu, a unor materiale de construcţii (plăci ceramice sau din piatră naturală), grosimea unor elemente.

Coordonarea modulară se utilizează la concepţia clădirilor şi, în special, la elaborarea proiectelor construcţiilor tipizate, realizate total sau parţial din elemente prefabricate.

Coordonarea modulară nu se poate folosi la clădiri ce se restaurează sau la elemente de construcţie cu forme nerectangulare sau curbe.

Coordonarea modulară se aplică în proiectarea de arhitectură, structurii de rezistenţă şi de instalaţii. Stabilirea dimensiunilor se face prin coordonarea reciprocă a două condiţii contradictorii, cea impusă de producţia industrială, care cere un număr minim de produse tipizate, şi cea cerută de proiectarea de arhitectură, care necesită un număr sporit de variante pentru clădiri

Sistem spaţial de referinţă este o reţea de plane perpendiculare, care împarte volumul clădirii în cuburi cu echidistanţă modulară (M sau nM) care poate fi aceeaşi pe cele trei direcţii sau diferită. Reţeaua modulară rezultă din intersecţiile planurilor de referinţă (planuri modulare).

În proiectele de construcţii (planuri, secţiuni) se indică proiecţiile orizontale şi verticale ale reţelei modulare.

Dimensiuni modulare de coordonare sunt distanţele între planurile modulare (trame) şi pot fi de mai multe categorii: principale, secundare şi de detaliu fig. 6.1

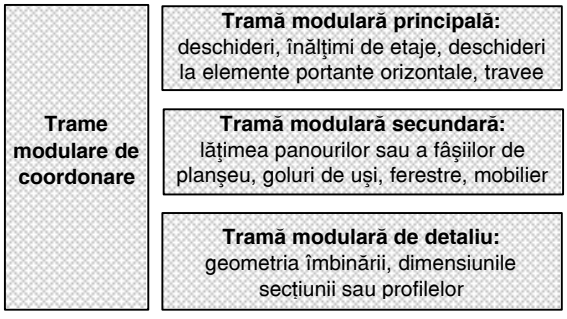


Fig. 6.1 - Schema tramelor modulare

Elementele structurii de rezistenţă (pereţi, stâlpi, grinzi) se localizează prin poziţiile reciproce între elemente şi tramele modulare ale clădirii. Trama modulară principală este continuă pentru toată clădirea, reţeaua ei de linii corespunde elementelor structurii de rezistenţă (fig. 6.2).

În cazul elementelor pentru pereţi (blocuri, panouri înguste), pentru planşee (fâşii), pentru faţade (parapeţi, şpaleţi) acestea se localizează în direcţia reazemelor, în raport cu trama principală, iar în direcţia alcătuirii, în raport cu trama secundară.

În vederea localizării unui element de construcţii, planurile modulare pot fi: planul axial, ce coincide cu planul median geometric sau paralel cu acesta şi/sau planul limită ce delimitează un spaţiu modular sau o zonă neutră. În unele cazuri, elementul de construcţie, de exemplu, panoul prefabricat de perete exterior, poate depăşi planul limită datorită necesităţii asamblării cu elementul alăturat (concepţia îmbinării).

Coordonarea dimensiunilor elementelor de construcţie. Elementele de construcţii, în special la cele prefabricate, se condiţionează reciproc în alcătuirea unei clădiri. Acest lucru se realizează funcţie de poziţia pe care o are elementul prefabricat şi raporturile de vecinătate cu alte elemente, condiţionate de asamblare sau îmbinare (fig. 6.2).

Coordonarea dimensiunilor elementelor prefabricate se realizează pentru dimensiunile dintre planurile limită, care pot fi definite de dimensiunile elementelor planşeelor, panourilor de faţadă etc.

Dimensiunea de coordonare a elementelor de construcţii este marcată ca distanţa între planurile limită. Dimensiunea de fabricaţie a elementului de construcţie se stabileşte funcţie de îmbinarea cu elementele alăturate (fig. 6.2.II).

La stabilirea acestei valori, se ţine seama de cerinţele geometrice, tehnologia de confecţionare, montaj şi de valorile toleranţelor.

Coordonare modulară

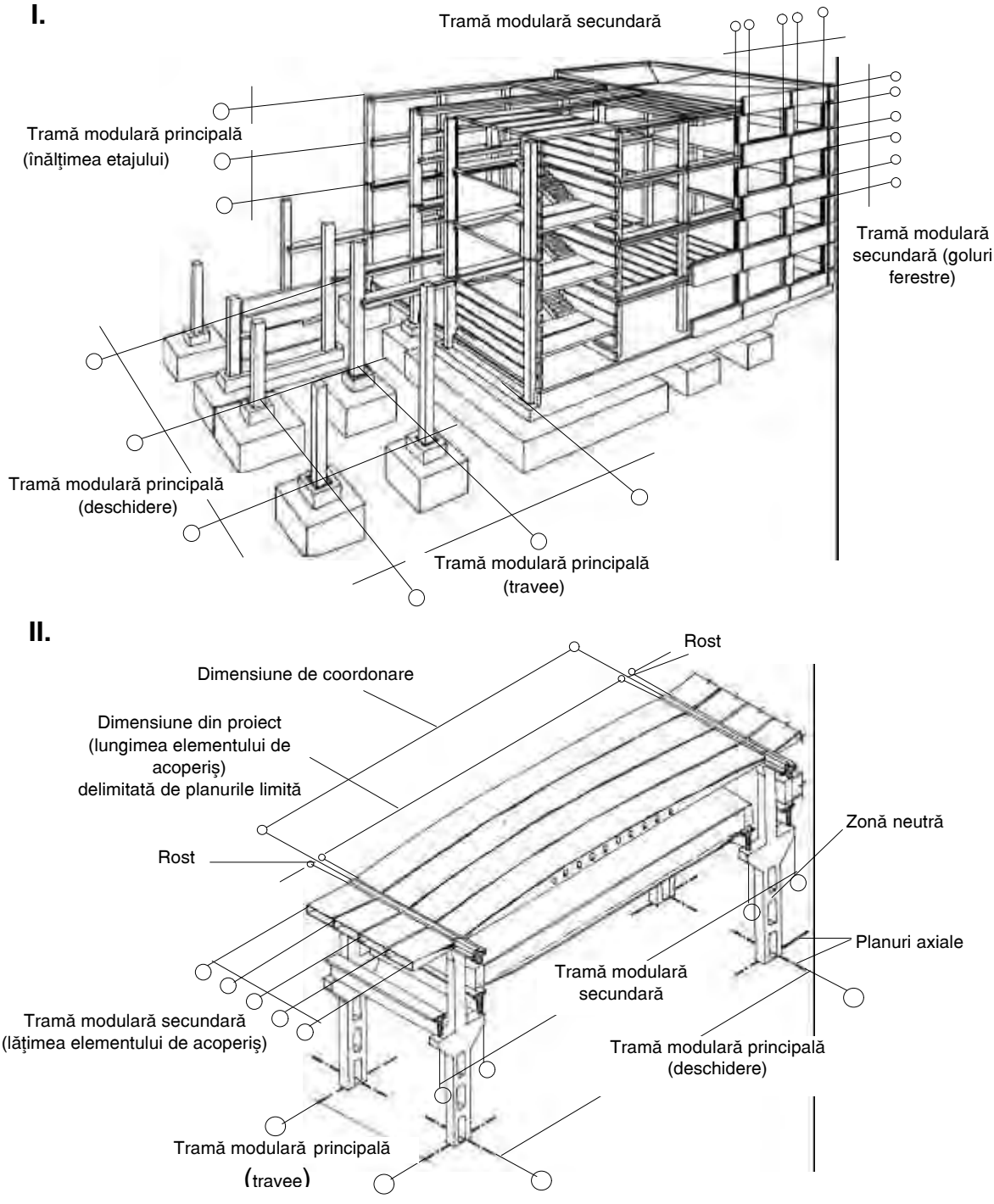


Fig. 6.2. Trame modulare principale şi secundare. I. Clădire civilă. II. Clădire industrială

Trama modulară principală este continuă pentru întreaga clădire fiind poziţionată la elementele structurii portante. Această tramă poate fi întreruptă la rosturile de dilataţie sau tasare, la stâlpi comuni pentru două grinzi pozate la niveluri diferite. La această întrerupere locală se introduce o zonă neutră ce poate fi modulată sau nu.

Coordonarea dimensiunilor elementelor de construcţie şi localizarea acestora se realizează în cadrul sistemului de referinţă determinat de planurile sau liniile modulare. Acest spaţiu modular este compus din dimensiunea de proiect a elementului de construcţie dar şi de spaţiul necesar pentru îmbinări şi abateri dimensionale admisibile.

Pentru localizara unui element de construcţie, planurile modulare pot fi: planul axial, care poate să coincidă cu planul median geometric sau să fie paralel cu acesta şi planul limită când delimitează spaţiul modular ocupat de elementul de construcţie. În raport cu tramele modulare, un element de construcţii poate fi localizat prin: planul limită pe cele trei direcţii; planul limită pe două direcţii şi un plan axial pe a treia direcţie şi plan limită pe o direcţie şi planuri axiale pe celelalte două. Planurile limită ale elementului de construcţii se consideră făcând parte dintr-o tramă modulară principală, una secundară sau de detaliu. Pentru coordonarea dimensiunilor elementului de construcţie acesta se consideră cuprins între planurile limită pe cele trei direcţii.

Poziţionarea axelor tramei modulare principale, în plan orizontal, se poate realiza la diverse structuri de rezistenţă astfel:

- la clădirile cu pereţi portanţi, la pereţii exteriori, axa modulară este poziţionată la jumătatea grosimii peretelui interior faţă de latura interioară a acestuia, iar la pereţii interiori trama modulară va coincide cu axa geometrică mediană;
- clădirile cu schelet portant, cu stâlp cu moment de inerţie constant, axele modulare după cele două direcţii vor coincide cu axele geometrice;
- clădiri cu schelet cu stâlpi cu moment de inerţie în trepte, axa modulară va coicide cu axa ce trece prin mijlocul secţiunii stâlpului în dreptul cotei şinei grinzii de rulare, la stâlpii centrali axa modulară va coincide cu axa geometrică a secţiunii stâlpului;
- clădiri cu schelet, cu stâlpi cu modul de inerţie variabil, axa modulară va coincide cu axa ce trece prin mijlocul secţiunii la cota ±0,00.

În plan vertical poziţionarea axelor modulare se poate realiza astfel:

- înălţimea etajului clădirilor se consideră dimensiunea între cotele nominale ale pardoselilor finite a două nivele succesive; în cazul ultimului etaj, la clădirile cu pod, această dimensiune se consideră între cota pardoselii finite (ultimul etaj) şi o cotă convenţională (se consideră egale grosimile planşeelor intermediare şi de la pod) la faţa superioară a planşeului podului; la

clădirile acoperite cu planşeu tip terasă înălţimea ultimului etajului se va considera între cota pardoselii finite şi cota tavanului;

- la clădirile cu schelet de rezistenţă stâlpi şi grinzi cu inimă plină sau cu zăbrele, înălţimea interioară modulată a clădirii se va considera între cota pardoselei finite ±0,00 şi partea inferioară a grinzii cu inimă plină sau cu zăbrele.

Capitolul

7

TOLERANŢE ŞI ABATERI ÎN CONSTRUCŢII

7.1 GENERALITĂŢI

Toleranţele în construcţii au început să capete importanţă, odată cu dezvoltarea clădirilor prin procedee industrializate. Toleranţele iau în considerare erorile umane ce pot apărea în activitatea din domeniul construcţiilor.

Toleranţele sunt imperfecţiunile admise la confecţionarea elementelor de construcţie. Ele se referă la caracteristici dimensionale, de formă şi de poziţii relative a elementelor de construcţie. Stabilirea toleranţelor se realizează prin optimizarea unor valori, luînd în considerare aspecte tehnice, tehnologice, economice şi estetice. Valorile toleranţelor sunt influenţate de tehnologia de confecţionare, de cea de montaj dar şi de condiţii economice.

La execuţia concretă a elementelor prefabricate orice dimensiune se poate realiza cu abateri faţă de valoarea stabilită în documentaţia de proiectare.

7.2. TOLERANŢE ŞI ABATERI

Toleranţa dimensională este diferenţa algebrică între dimensiunea efectivă maximă şi minimă a elementului de construcţii (fig.7.1;7.2)

$$T_D = D_{max} - D_{min} \qquad (7.1)$$

în care:

D_{max} - limita superioară a dimensiunii efective a elementelor de construcţii.

D_{min} - limita inferioară a dimensiunii efective

Dimensiunile elementelor de construcţie confecţionate in intervalul de

toleranţe conduc la acceptarea acestora pentru montaj.

Utilizarea toleranţelor impune un control al producţiei de prefabricate în fabrică după confecţionare şi înainte de montaj pe şantier (fig 7.2).

Caracterul aleator al toleranţelor impune abordarea acestora probabilistic. Prelucrarea statistică a datelor rezultate din controlul de calitate poate depista cauzele erorilor de execuţie, dar şi o îmbunătăţire a sistemului de toleranţe.

Distribuţia normală "clopotul lui Gauss" poate evidenţia gradul de dispersie a valorilor reale a dimensiunilor elementelor prefabricate faţă de valoarea stabilită în documentaţia de proiectare.

Valorile calculate ale dispersiilor (σ) vor influenţa probabilitatea apariţiei elementelor prefabricate cu defecte (abateri). La o valoare mică a dispersiei, aria marginită de curba distribuţiei normale (porţiunea haşurată din "clopotul lui Gauss") evidenţiază că probabilitatea acestor abateri este mică (fig 7.1.II). Această arie este influenţată de limita acceptată a abaterilor (toleranţa). Deci cît dispersia este mai mică cu atît calitatea execuţiei este mai ridicată.

Stabilirea sistemelor de toleranţă va fi influenţată de dimensiunile prefabricatelor, dar şi de clasele de precizie.

Clasa de precizie este un ansamblu de toleranţe corespunzătoare aceluiaşi grad de precizie la execuţie pentru toate dimensiunile de bază. Clasele de precizie sunt date în prescripţii tehnice, fiind clasificate de la 1 la 10. De exemplu pentru o grindă cu lungime cuprinsă între 3 şi 9 metri, corespunzător clasei de precizie 1 toleranţa va fi 1 mm, iar la clasa 10 va fi de 60 mm.

Clasa de precizie mică înseamnă adoptarea de toleranţe cu valoare mică. Pentru dimensiunile unui element se pot alege toleranţe corespunzătoare unor clase de precizie diferite.

Toleranţa dimensională se referă la lungimea sau la caracteristici dimensionale din secţiunea transversală ale elementelor de construcţii. În documentaţia de proiectare, aceste dimensiuni sunt identificate prin dimensiunile nominale (de bază).

Dimensiunile de execuţie ale elementelor de construcţii prefabricate sunt obţinute după confecţionarea acestora.

Limitele dimensiunilor de executie sunt influenţate de tehnologia utilizată, de gradul de pregătire a forţei de muncă dar şi de considerente economice.

Dimensiunile de execuţie efective pot avea o limită superioară (dimensiune maximă) şi limita inferioară (dimensiunea minimă). Diferenţele între aceste dimensiuni efective: maximă şi minimă şi dimensiunea noominală de bază din documentaţia de proiectare va defini abaterea limită superioară şi/sau abaterea limită inferioară.

Toleranţele de poziţie se referă la valoarea maximă a abaterii de la

Toleranţe la elemente de construcţie

I. Abateri la îmbinarea panourilor prefabricate

D, d - dimensiunile maxime, minime şi efective ale panourilor exterioare (1, 2) şi interioare (3)

R, r - dimensiunile rosturilor de îmbinare

Panou prefabricat interior (**3**)

Panou prefabricat exterior (**1**)

Panou prefabricat exterior (**2**)

II. Toleranţe dimensionale

Abatere minimă(A^{min})

Abatere maximă(A^{max})

Zona toleranţelor acceptate (T)

Limita inferioară a dimensiunilor elementelor prefabricate cu defecte

Limita superioară a dimensiunilor elementelor prefabricate cu defecte

Aria ce evidenţiază probabilitatea apariţiei elementelor prefabricate cu defecte, aceasta este dictată de limita acceptată a abaterilor

Distribuţie normală Gauss

Valorile fractilelor

Dimensiunile prefabricatelor (d_p)

Distribuţia valorilor reale comparativ cu cea din proiecte

σ =1,5 - Dispersie mică

σ = 3 - Dispersie mare

- cu cât dispersia este mai mică, cu atât calitatea execuţiei este mai ridicată

Dimensiunile prefabricatelor (d_p)

Fig. 7.1 Toleranţe în construcţii. Abateri la îmbinarea panourilor prefabricate (I). Toleranţe dimensionale (II)

Toleranţe şi abateri

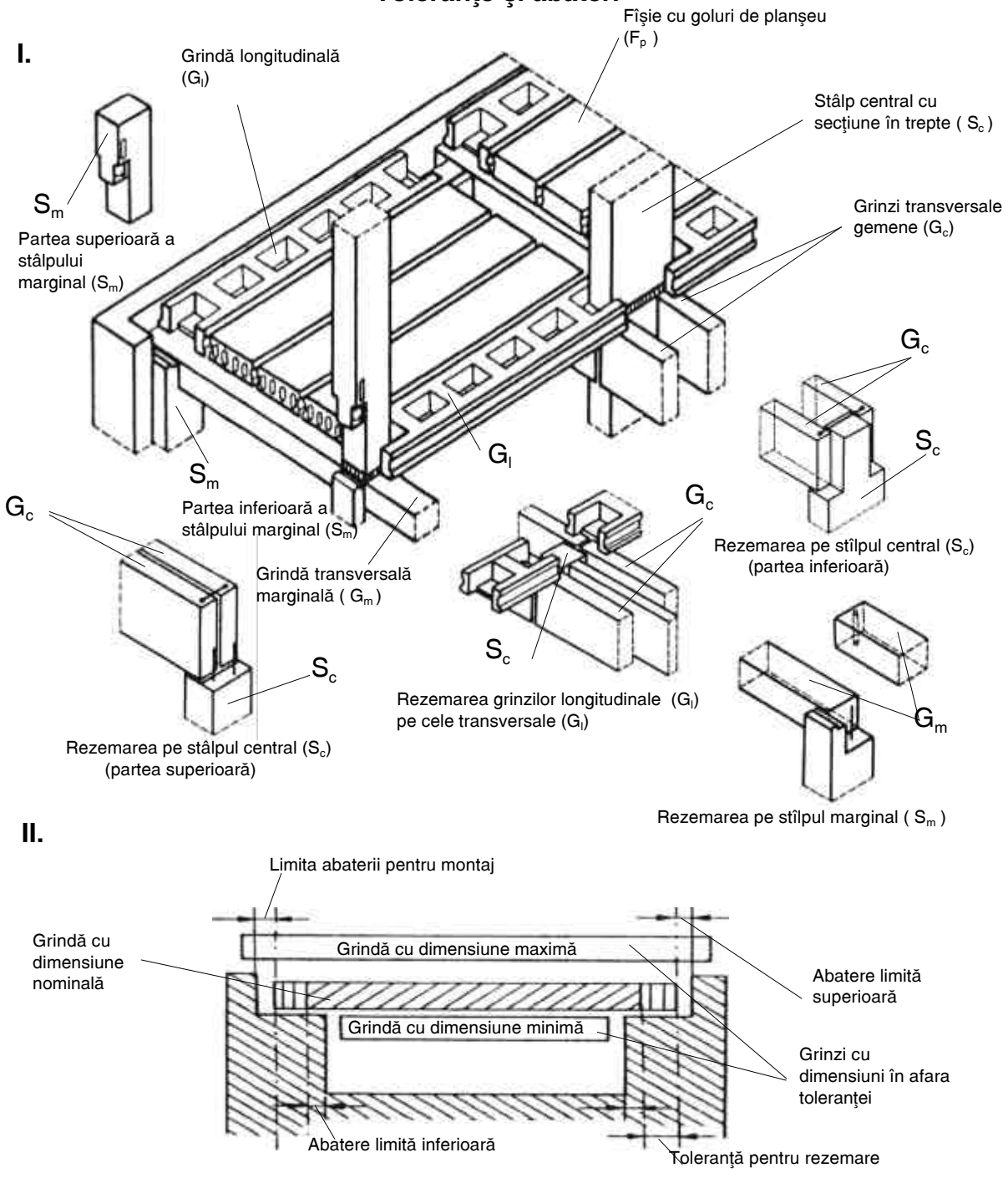


Fig. 7.2 - Toleranţe şi abateri. Structură de rezistenţă integral prefabricată (I). Exemplificare la rezemarea grinzii pe elemente portante verticale (II).

paralelismul şi/sau înclinarea dreptelor sau planurilor. Aceste toleranţe pot depinde de abaterile dimensionale efective (toleranţe dependente) sau mărimea acestora este influenţată numai de abaterile limită de poziţie (teleranţe independente).

În cazul asamblării elementelor de construcţii, se indică toleranţe de trasare sau de poziţionare ce reprezintă valoarea limită admisă în orice direcţie a reperului sau abaterea de poziţionare.

Corelarea toleranţei de poziţionare a unei îmbinări de panouri mari exterioare şi interioare, cu toleranţele dimensionale ale elementelor de construcţii ce se asamblează, este exemplificată în fig.7.1.I.

Această corelare conduce la realizarea unor dimensiuni ale rosturilor necesare satisfacerii exigenţelor de rezistenţă, higrotermică şi etanşeitate.**Toleranţele de formă** se referă la forma dată profilului şi/sau suprafeţei elementului de construcţie. Aceste toleranţe reprezintă valoarea maximă admisă a abaterii de la forma profilului sau a suprafeţei elementului de constructie.

Toleranţele ce privesc aspectul suprafeţelor aparente a elementelor de construcţii (placări, beton aparent) sunt toleranţe de culoare, aspect.

Studiul toleranţelor va conduce la mărirea eficienţei concepţiei clădirilor din elemente prefabricate.

Capitolul

8

EXIGENŢE ÎN CONSTRUCŢII

8.1. GENERALITĂŢI

Exigenţele în construcţii sunt condiţii pe care utilizatorii clădirii le doresc îndeplinite in imobilele pe care le vor folosi.

Calitatea unei clădiri rezultă din gradul în care sunt satisfăcute exigenţele pe întreaga durată de existenţă a construcţiei.

Exigenţele sunt determinate de: cerinţe fiziologice naturale, psihosociale şi cele de eficienţă.

Cerinţele fiziologice naturale se referă la posibilitatea utilizării spaţiilor din clădire în condiţii de: igienă, confort, protecţie faţă de factori nocivi şi de circulaţie uşoară şi simplă.

Cerinţele psihosociale vizează senzaţia de confort cu mediul înconjurător şi posibilitatea de a comunica sau de a fi separat (izolat).

Cerinţele de eficienţă se referă la cheltuieli de investiţii şi explotare în construcţii, consumuri minime de materiale şi energie în condiţii de durabilitate.

Cunoaşterea şi utilizarea exigenţelor în construcţii va conduce la o concepţie judicioasă a clădirii ce trebuie proiectată. Multă vreme reuşita concepţiei clădirii se baza numai pe repetarea a ceea ce practica verificase îndelungat. În prezent pentru materialele noi, ce trebuie utilizate la elementele de construcţie, se vor preciza condiţiile fundamentale pe care trebuie să le îndeplinească. De exemplu la pereţii despărţitori din plăci subţiri din ipsos armat apare necesară determinarea de noi caracteristici, cum este rezistenţa la şoc. În cazul pereţilor din zidărie de cărămidă datorită masivităţii aceştia nu erau testaţi la şoc.

Exigenţele în construcţii sunt :

- exigenţele utilizatorului;
- exigenţele de performanţă.

Exigenţa utilizatorului este enunţarea unei necesităţi a omului, a animalului sau obiectului (care poate fi calculatorul) faţă de clădirea ce trebuie construită (fig. 8.1).

Exigenţa de performanţă este exprimarea calitativă (uneori cantitativă) a caracteristicilor elementelor componente sau ale clădirii în ansamblul ei, pe care trebuie să le îndeplinească pentru a satisface necesităţile utilizatorilor. Exigenţa de performanţă este exprimată prin unul sau mai multe criterii de performanţă (fig. 8.2).

Criteriul de performanţă este convertirea cantitativă a exigenţei de performanţă, deci este criteriul de apreciere a gradului de satisfacere a acestei exigenţe de performanţă.

Criteriul de performanţă este redat prin nivele de performanţă

Nivelul de performanţă reprezintă concretizarea cantitativă (numerică) a criteriilor de performanţă astfel ca ele să poată fi utilizate în proiectare.

De exemplu, nivelul maxim al zgomotelor provenite din exterior şi percepute în diferite încăperi trebuie să fie cel mult de 35 dB (determinate pe timp de zi sau noapte) iar în încăperi adiacente trebuie să fie cel mult 30 dB (nivel normat). Exigenţa de performanţă de confort acustic este liniştea.

Alt exemplu ar fi că umiditatea maximă efectivă a aerului interior într-o încăpere, ce trebuie să fie de cel mult 60%, valoare care reprezintă umiditatea relativă de calcul (nivel normat).

Nivelul de performanţă necesar este prevăzut în proiecte sau cel efectiv după execuţie.	$\leq$	**Nivelul de performanţă normat** este prevăzut în standarde, normative şi caiete de sarcini.

Metodele de evaluare a performanţelor sunt în faza iniţială calculele, încercările la scară redusă, la scară naturală şi in-situ.

Verificarea prin calcule se face în mod analitic şi prin simulare, iar verificarea prin experimentări se realizează prin simulare şi încercări pe prototip. Simularea se poate face pe calculator sau prin modelări fizice (analogice sau directe).

8.2. PERFORMANŢE ÎN CONSTRUCŢII

Scopul performanţelor este stabilirea exigenţelor de performanţă în vederea satisfacerii cerinţelor utilizatorilor pe durata de viaţă a clădirilor.

Prescripţiile de performanţă precizează cerinţele utilizatorilor faţă de clădire.

Caracteristicile performanţelor sunt:

- identificarea exigenţelor utilizatorilor clădirii;
- transformarea exigenţelor utilizatorilor în cele de peformanţă;
- stabilirea criterilor cantitative de performanţă;

FACTORII CE INFLUENŢEAZĂ EXIGENŢELE UTILIZATORILOR

Caracteristicile spaţiilor din clădiri.

Dimensiuni, geometrie, temperatura aerului, grad de umiditate, nivel de zgomot, puritatea aerului.

Acestea depind de elementele de construcţie ce delimitează clădirea de mediul exterior (pereţi, planşee, faţadă), de cele ce deservesc clădirea (instalaţii sanitare, de încălzire, de iluminare) dar şi de funcţiunile spaţiului. Depind de legăturile existente între elementele de construcţie şi caracteristicile elementelor îndepărtate, care nu sunt în legătură directă cu spaţiul. De exemplu vibraţiile unei instalaţii mai îndepărtate poate provoca zgomot într-un spaţiu sau natura legăturilor între pereţi poate compromite eficacitatea unui perete.

Caracteristicile elementelor de construcţie şi instaţiilor din schelet, pereţi, faţadă, planşee, acoperiş, instalaţii de încălzire, sanitare, de ventilaţie.

Acestea depind de calităţile produselor din clădiri când utilizatorul are un raport direct cu acestea (aparate sau instalaţii sanitare, electrice, stratul de uzură a pardoselii , finisajul pereţilor, uşa, fereastra).

Agenţi ce exercită acţiuni asupra elementelor de construcţie

Greutatea elementelor, acţiuni mecanice diverse, flux de căldură, radiaţii solare, vânt, apă, foc, acţiuni din exploatarea clădirii. Acţiunea agenţilor exteriori a făcut obiectul a numeroase cercetări teoretice şi experimentale. S-au elaborat metode de calcul validate prin încercări. Informatica a permis punerea la punct a unor modele descriind cu mai multă fineţe şi precizie fenomenele. Aceasta a permis o mai bună cunoaştere a comportării elementelor de construcţie acţionate de aceşti agenţi.

Fig. 8.1 Schema factorilor ce influenţează exigenţele utilizatorilor

Performanţele elementelor de construcţie depind de:

Concepţia proiectului ce este realizată de inginer şi/sau arhitect. Proiectul cuprinde elementele de construcţie, componentele acestora şi relaţiile dintre ele. Realizarea proiectului este fragilă pe măsură ce aspectele, ce trebuie luate în considerare, sunt tot mai complexe datorită gamei largi de materiale şi a tehnologiilor noi. Ameliorarea informaţiei facilitează fomarea continuă a celor ce concep clădirile.

Caracteristicile materialelor şi componentele utilizate pentru realizarea elementelor de construcţie. Produsele de construcţii materialele 3 produse de industrie au performanţe necesare utilizării lor. Certificatele şi mărcile furnizează informaţii şi garanţii asupra caracteristicilor materialelor.

Execuţia lucrărilor pe şantier. Dispoziţiile proiectului se pun în operă realizând calitatea execuţiei. Astfel se obţin performanţele prevăzute în proiect. Calitatea execuţiei depinde de accesul şi înţelegerea informaţiei (volum mare şi complicat) de calitatea manoperei şi va influenţa deciziile de pe şantier.

Fig. 8.2 Schema factorilor de care depind performanţele elementelor de construcţie

- elaborarea modalităţilor de evaluare-testare pentru verificarea criteriilor de performanţă.

Exigenţele utilizatorilor sunt (fig.8.3):

performanţă este încărcarea limită la care rezistă partea de clădire rămasă în afara cedărilor locale.

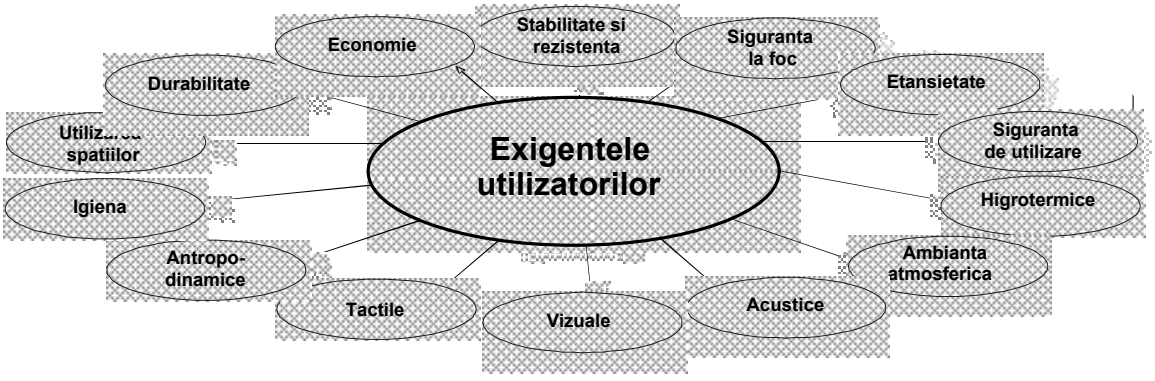


Fig. 8.3 Schema exigenţelor utilizatorilor construcţiei

Stabiliatate şi rezistenţă

Cerinţa utilizatorilor acestei exigenţe este reprezentată de condiţia: capacitatea de rezistenţă ultimă a clădirii să nu fie depăşită de intesitatea maximă a acţiunilor, în gruparea cea mai defavorabilă a acestora.

La acţiunile de durată, capacitatea de rezistenţă în timp a clădirii conduce la o exploatare normală (neapariţa unor noi modificări). În acest caz criteriul de performanţă este nivelul limită de cedare la curgere lentă (comportare la încărcarea în timp) sau la oboseală (încărcări repetate).

În cazul unor explozii, incendii sau şocuri mecanice în clădire pot avea loc cedări locale. În acest caz trebuie verificată rezistenţa clădirii la prăbuşire progresivă fără extinderea cedării pe întreaga clădire. Criteriul de

În cazul apariţiei în timpul exploatării a unor deplasări sau deformaţii ce pot produce avarii locale sau modificări de formă la elementele de construcţie ce pot influenţa în sens negativ etanşeitatea, aspectul. Prin criteriul de performanţă se va stabili nivelul limită al deformaţiilor.

Apariţia sau deschiderea fisurilor în exploatarea clădirilor poate conduce la micşorarea etanşeităţii sau a protecţiei contra coroziunii. În acest caz nivelul limită de apariţie şi deschidere a fisurilor este criteriul de performanţă.

În exploatarea clădirii este necesară verificarea la acţiuni dinamice (rezistenţă la şocuri şi la amplitudinea vibraţiilor). Criteriul de performanţă va fi rezistenţa la şoc produsă de un corp solid şi nivelul limită al amplitudinii corelate cu frecvenţa.

Siguranţa la foc

În cadrul acestei exigenţe, performanţele se referă la: izbucnirea incendiilor, siguranţa ocupanţilor şi a clădirilor în caz de incendii.

Riscul de izbucnire a incendiului se determină prin respectarea unui nivel limită de risc care este în funcţie de: destinaţia, categoria de pericol la incendiu a clădirii, de instalaţii, (electrice,încălzire) de combustibilitatea materialelor (limita de rezistenţă la foc) dar şi funcţie de agenţii externi (incendii în apropiere, trăsnet, radiaţii solare).

Siguranţa ocupanţilor clădirii se realizează prin specificarea timpului de alarmare, de supravieţuire şi de evacuare. La acestea se adaugă riscul de dezvoltare, de propagare a incendiului, a fumului, a gazelor fierbinţi sau toxice. Se va avea în vedere împiedicarea propagării încendiului la clădirile învecinate prin respectarea unor distanţe minime.

Timpul de alarmare necesar sesizării incendiului se fixează în funcţie de eficacitatea sistemelor de alarmă (avertizare).

Timpul de supravieţuire a oamenilor din clădirea incendiată depinde de pragul de depăşire a concentrării produselor de combustie.

La concepţia clădirilor, prin eficacitatea căilor de evacuare, trebuie avut în vedere timpul minim de evacuare a oamenilor în timpul incendiului.

Dezvoltarea incendiului este influenţată de nivelul ridicat al sarcinii termice şi de timpul minim pentru producerea inflamării generalizate.

Mărimea ariei şi volumului delimitate de pereţii şi planşeele rezistente la foc vor influenţa propagarea incendiilor în clădire.

Timpul minim de propagare şi toxicitate a fumului, a gazelor emanate în timpul încendiului vor fi luate în considerare la gradul de pericol al sănătăţii oamenilor din clădirea incendiată.

Siguranţa clădirilor în caz de incendiu este influenţată de timpul minim de intervenţie (punerea în funcţiune a mijloacelor de localizare şi stingere) şi de prăbuşirea unor părţi nerezistente a clădirii.

Siguranţa de utilizare

Exigenţa se referă la performanţele referitoare la: securitatea muncii, securitatea de contact, securitatea la circulaţie şi denivelări, securitatea la intruziuni.

Securitatea muncii în cazul execuţiei lucrărilor de întreţinere, reparaţie şi modernizare în timpul exploatării construcţiilor este influenţată de riscul producerii accidentelor de muncă sau îmbolnăvirile profesionale. Acestea sunt determinate de caracteristicile constructive, de alcătuire şi de modul de organizare a lucrărilor de construcţie.

Securitatea de contact reprezintă protecţia utilizatorilor la posibilitatea producerii de leziuni (răniri, arsuri,

otrăviri, contaminări, electrocutări, loviri) prin contact cu suprafeţele elementelor de construcţie (pereţi, pardoseli, balustrade, tâmplărie, instalaţii). Această performanţă este determinată de nivelele limită pentru: riscul de rănire (tăiere, înţepare, julire) prin contact cu muchii sau colţuri vii (tăioase), bavuri ascuţite, rezalituri periculoase, suprafeţe cu rugozitate mare, temperaturi maxime a porţiunilor calde, accesibile, ale elementelor de construcţie şi instalaţii, ce pot produce arsuri prin atingere; evitarea utilizării elementelor de construcţie, susceptibile de a emite substanţe nocive, care pot prezenta riscul otrăvirii, contaminării radioactive; riscul de electrocutare; riscul de provocare a leziunilor datorită desprinderii, căderii sau răsturnării obiectelor înzidite sau fixate pe elementele de construcţie.

Securitatea la circulaţie reprezintă protecţia utilizatorilor la circulaţia în interiorul clădirii reducând riscul de accidente.

Această performanţă este determinată de nivelele limită: a posibilităţii de lunecare pe suprafeţele orizontale de circulaţie, a dimensiunilor limită pentru spaţiile şi deschiderile de trecere a obstacolelor, ce pot incomoda sau produce accidente la circulaţie (trepte izolate, elemente verticale transparente, denivelări pe suprafeţele de circulaţie), a înclinării rampelor de acces. În vederea asigurării contra accidentelor se vor prevedea balustrade la scări, balcoane, terase circulabile, goluri.

Securitatea la intruziuni din exterior reprezintă posibilitatea clădirii (în special la elementele de închidere exterioară, pereţi, acoperiş, tâmplărie) de a se opune la tentativa de pătrundere nedorită în interiorul ei, a oamenilor sau animalelor. Performanţa este caracterizată de nivelele limită: de rezistenţă a elementelor exterioare ale clădirii, la intrări forţate din afară (prin spargere, tăiere, demontare, deschidere), de eficacitate a dispozitivelor de protecţie şi închidere a golurilor în clădire (guri de ventilaţie, extremităţi ale ghenelor, guri de reţele de evacuare) contra pătrunderii forţate a oamenilor, animalelor din exterior şi de eficacitatea plaselor de protecţie la ferestre contra pătrunderii insectelor.

Etanşeitate

Această exigenţă se referă la etanşeitatea clădirii şi a elementelor de construcţie la aer, gaze, apă de ploaie, apă subterană, la zăpadă, la praf şi nisip antrenate de aer.

Etanşeitatea la aer a închiderilor exterioare ale clădirii (pereţi şi acoperiş) conduce la evitarea unor pierderi excesive de căldură (ce asigură confortul higrotermic şi economia de energie) dar şi la prevenirea unor curenţi de aer ce produc disconfort. Etanşeitatea la aer conduce la o ventilare adecvată şi controlată a încăperilor ce asigură ambianţa atmosferică şi puritatea aerului.

Performanţa de etanşeitate a elementelor exterioare a clădirii este determinată de nivelele limită pentru debitul infiltraţiilor de aer. Acestea sunt în funcţie: de diferenţa de presiune între feţele închiderilor exterioare, de rezistenţă la permebialitatea la aer a acestora, de rezistenţa necesară la transfer termic şi de viteza vântului. Pentru asigurarea etanşeităţii se mai determină nivelele limită a vitezei curenţilor de aer, a diferenţei de temperatură între aceştia şi mediul exterior, şi cel de control al schimbului natural de aer din încăperi.

Etanşeitatea la gaze se referă la canalele de ventilaţie şi la coşurile de fum. Nivelul limită al criteriului de performanţă la debitul evacuării aerului sau a fumului este în funcţie de diferenţa de presiune.

Etanşeitatea la apa de ploaie a închiderilor exterioare ale clădirii (pereţi, acoperiş, terasă) se referă la ploi însoţite de vânt puternic şi capacitatea de evacuare continuă a apelor pluviale, inclusiv etanşeitatea reţelelor de scurgere aferente.

Criteriile de performanţă se referă la nivelele limită ale presiunii de etanşeitate (valoarea maximă a presiunii statice a aerului) la care se asigură etanşeitatea la apă. Aceasta este funcţie de înălţimea clădirii, clasa de etanşeitate a infiltraţiilor de apă însoţită vânt, de absenţa stagnării apei şi de asigurarea evacuării acesteia prin reţeaua de scurgere.

Etanşeitatea la ape subterane înseamnă realizarea impermeabilizării subsolului (planşeu-pardoseală, pereţi). Criteriul de performanţă este determinat de nivelul limită a permeabilităţii apei cu presiune hidrostatică (la nivelul maxim de ridicare) ce poate să apară în timpul exploatării clădirii cât şi la nivelul limită al înălţimii de ridicare a apei din pământ prin capilaritate, în pereţii subsolului.

Prin etanşeitate la solide înţelegem etanşeitatea la zăpadă şi la materiile solide aflate în suspensie în aer.

Etanşeitatea acoperişului la zăpadă viscolită de vânt înseamnă eliminarea penetrărilor de zăpadă prin acoperiş.

Etanşeitatea închiderilor exterioare la praf sau nisip, aflate în suspensie în aer, este determinată de nivelul presiunii limită de etanşeitate la presiunea statică maximă a aerului. Aceasta este funcţie de granulozitatea suspensiilor solide în aer pentru care nu se produc penetrări prin închiderile exterioare ale clădirilor.

Higrotermice

Această exigenţă se eferă la performanţele higrotermice în perioada sezonului rece, sezonului cald şi la umiditatea aerului.

Performanţele termice în perioada sezonului rece privesc pierderile globale de căldură prin anvelopa clădirii şi prin schimbul de aer între interior şi exterior, aportul energiei solare în sezonul rece şi emisia de căldură din interiorul clădirilor pentru asigurarea confortului termic.

Pierderile de căldură sunt determinate de coeficientul global al transferului de căldură pe unitatea de volum a clădirii sau pe unitatea de suprafaţă exterioară (mediul exterior şi spaţii interioare neîncălzite).

Aportul solar iarna este determinat prin coeficientul de recuperare a contribuţiei energiei solare din timpul iernii, care este funcţie de inerţia termică a anvelopei clădirii dar şi de sistemul de reglare a instalaţiei de încălzire.

Emisia de căldură în interiorul clădirii este necesară pentru realizarea compensării pierderilor de căldură, în scopul asigurării confortului termic pe timp de iarna. Criteriile de performanţă sunt influenţate de: nivelul limită de putere termică a corpurilor de încălzire din clădire pe timp de iarnă, de forma şi direcţia fluxului de căldură, de stabilitatea temperaturii aerului exterior (limitarea amplitudinii oscilaţiei zilnice), de uniformitatea temperaturii aerului interior în diferite zone ale încăperii (limitarea diferenţei maxime de temperatură faţă de valoarea normată), de diferenţa maximă dintre temperatura aerului interior şi temperatura suprafeţei interioare a anvelopei şi valoarea maximă sau minimă a temperaturii suprafeţelor interioare a închiderilor exterioare pentru a nu provoca disconfort prin radiaţie.

Performanţele termice în perioada de vară se referă la inerţia termică, la aportul solar şi la răcirea aerului interior din încăperi.

Inerţia termică este capacitatea de absorţie, a elementelor de închidere sau separare, a căldurii provenind din variaţiile zilnice ale climatului exterior. Criteriul de performanţă este determinat de coeficientul de absorţie a căldurii şi de indicele de inerţie termică.

Aportul solar vara este influenţat de transmisia energiei solare prin anvelopa clădirii (în condiţii extreme de însorire) şi se materializează prin coeficientul de transmisie a energiei solare.

Răcirea aerului din încăperi în perioada verii se execută pentru echilibrarea căldurei solare (având în vedere inerţia termică) şi realizarea în încăperi a confortului termic în condiţii de însorire maximă. Criteriul de performanţă este determinat de valoarea puterii de răcire a instalaţiilor pentru asigurarea confortului pe timp de vară, de forma şi direcţia fluxului de căldură, de viteza curentului de aer rece (diferenţa de temperatură între acesta şi aerul interior), stabilitatea temperaturii din încăperi şi evitarea curenţilor de aer ce provoacă disconfort (datorită măririi sau creşterii schimbului de căldură prin piele şi accelerarea evaporării transpiraţiei).

Performanţele referitoare la umiditatea aerului se referă la umiditatea din interiorul clădirii, gradul de uscare a anvelopei, la starea de umiditate la suprafaţă şi în interiorul elementelor de închidere.

Umiditatea aerului din încăperi este determinată de nivelul limită maxim de

umiditate relativă (%) a acestuia din interiorul clădirii.

Gradul de uscare a anvelopei este determinat de starea de umiditate la suprafaţa (grad de condensare) acesteia şi în interiorul ei.

Criteriul de performanţă este determinat de nivelul minim al temperaturii pe suprafaţa interioară a anvelopei şi nivelul limită maxim al condensării vaporilor în interior (pe o perioadă dată), evitarea acumulării progresive (de la an la an) a apei din condens şi nivelul limită a înălţimii de ridicare, prin capilaritate, a apei de infiltraţie în pereţii subsolului.

Ambianţa atmosferică Exigenţa se referă la performanţele privitoare la ventilarea şi emisia de mirosuri dezagreabile în încăperi.

Ventilarea încăperilor se face pentru menţinerea purităţii aerului interior (curat şi uscat). Criteriul de performanţă este determinat de nivelul minim de aer viciat, ce trebuie evacuat şi de debitul de aer curat, ce trebuie introdus în încăperi prin ventilare naturală sau/şi ventilare mecanică.

Emisia de mirosuri neplăcute provenite din evacuarea apelor uzate, a gunoaielor, a unor procese tehnologice, poate fi micşorată prin determinarea criteriului de performanţă a acestora ce se referă la nivelul limită maxim al degajării de mirosuri .

Acustice Exigenţa vizează performanţele referitoare la izolarea zgomotelor din exterior, izolarea acustică între încăperi şi zgomotele instalaţiilor din clădiri.

Izolarea acustică la zgomotele din exteriorul clădirii se realizează prin atenuarea acestora de către anvelopa clădirii. Criteriul de performanţă este nivelul maxim al zgomotului aerian rezultat în clădire din exteriorul ei dar şi indicele de izolare la zgomotul aerian al faţadei clădirii.

Izolarea acustică între încăperile adiacente din clădire la zgomot aerian şi de impact are drept criterii de performanţă nivelul maxim al acestor zgomote dar şi indicile de izolare la zgomot aerian a elementelor de compartimentare şi la zgomot de impact al planşeelor.

Zgomotele generate de instalaţii din interiorul sau exteriorul clădirii au ca criteriu de performanţă nivelul maxim al acestor zgomote.

Durata de reverberaţie a sunetului în clădire este timpul corespunzător pentru o micşorare a nivelului iniţial al intensităţii sonore după încetarea emisiei sunetului de către sursă. Criteriul de performanţă este determinat de încadrarea curbei timpului de reverberaţie în funcţie de frecvenţa sunetului în domeniul prescris şi nivelul duratei maxime de reverberaţie în funcţie de frecvenţă.

Vizuale Exigenţa vizează performanţele privitoare la iluminatul natural, iluminatul artificial, aspectul suprafeţelor vizibile şi vederea din clădire spre exterior.

Iluminatul natural se realizează prin iluminarea naturală şi ecranarea încăperilor, prin suprafeţele vitrate din anvelopă (ferestre, uşi, pereţi din/cu sticlă). Criteriul de performanţă se referă la: raportul între suprafaţa golurilor de lumină şi suprafaţa pardoselii în încăpere, la factorul de lumină pe planul de lucru (raportul între iluminarea unui punct al încăperii şi iluminarea exterioară, simultană, a unei suprafeţe de lucru dată de lumina difuză a bolţii cereşti. Pentru ecranarea suprafeţelor vitrate exterioare se vor instala dispozitive opace şi reglabile, fără a împiedica iluminarea naturală.

Iluminatul artificial se produce prin iluminatul interior, prin senzaţia de orbire a surselor luminoase şi gradul de stabilitate (pâlpâire a iluminării). Criteriul de performanţă se atinge prin nivelul de iluminare şi uniformitate a acestuia, nivelul de încadrare a iluminării în valorile normate (strălucire orbitoare) şi raportul între iluminarea maximă (instantanee) şi cea medie (pâlpâirea sursei luminoase), ce conduce la obosirea ochilor.

Aspectul suprafeţelor vizibile se referă la: planeitate, rectiliniaritatea muchiilor, defecte de suprafaţă (goluri, umflături, dezlipiri), omogenitatea culorii, strălucirii sau pătării (datorită diferenţei de temperatură) finisajului. Criteriul de performanţă se referă la: nivelul abaterilor de la planeitate sau de la rectiliniaritate, numărul şi importanţa defectelor de suprafaţă, diferenţă de culoare, raportul între lumina reflectată şi lumina incidentă şi raportul între transmisia termică maximă şi minimă între două puncte ale suprafeţei să fie astfel încât să nu poată fi percepută cu ochiul liber.

Vederea din clădire spre exterior vizează transparenţa şi deformarea optică a imaginii prin suprafeţele vitrate. Criteriul de performanţă se referă la raportul dintre lumina transmisă prin suprafaţa vitrată şi lumina transmisă prin aceeaşi suprafaţă fără vitraj şi calitatea geamului de a nu deforma obiectele vizibile prin transparenţă sub un anumit unghi de incidenţă.

Tactile Exigenţa se referă la confortul termic, electric şi mecanic de contact.

Confortul termic la contactul omului cu suprafeţele din încăpere au drept criteriu de performanţă căldura transmisă de corpul uman la suprafeţele pardoselii, a pereţilor (exprimate prin căldura cedată pe suprafaţa de contact într-un timp normat) şi temperatura maximă a suprafeţelor de contact pentru a evita disconfortul utilizatorilor.

Confortul electric de contact în cazul descărcării de electricitate statică se concretizează în cazul când omul este în contact cu o suprafaţă ce a acumulat electricitate statică prin frecare, de

exemplu a piciorului cu pardoseala. Criteriul de performanţă se exprimă prin nivelul potenţialului de electricitate statică creat de circulaţia omului pe o pardoseală, într-o ambianţă uscată.

Confortul mecanic de contact cu suprafeţele rugoase, cu discontinuităţi dezagreabile şi cu elasticitate la atingere are drept criteriu de performanţă nivelul defectelor de suprafaţă, care pot fi supărătoare la atingere cu corpul uman.

Antropo-dinamice

Exigenţa se referă la: vibraţii şi mişcări impuse omului de către clădire sau elementele de construcţie, eforturi necesare la deplasarea oamenilor şi la manevrarea de către aceştia a uşilor, ferestrelor sau a comenzilor instalaţiilor (întrerupătoare, robinete).

Vibraţiile şi mişcările impuse omului de către: clădiri sau elemente de construcţie datorate acţiunilor mecanice ale unor agenţi (vânt, maşini turnante, trafic), mişcările instalaţilor de transport de persoane (ascensoare, trotuare şi scări rulante) şi deformabilitatea unor elemente de construcţie sub acţiunea directă sau indirectă a oamenilor. Criteriul de performanţă se raportează la nivelul limită al acceleraţiilor transmise de corpul uman după trei axe: verticală (picior, cap), orizontală (spate, faţă), orizontală laterală (dreapta, stânga) şi vitezei unghiulare de rotaţie a clădirii.

În cazul mişcării instalaţiilor de transport pentru persoane, nivelul limită se impune la viteza maximă a scărilor şi trotuarelor rulante, la acceleraţiile ascensoarelor.

Nivelul limită în cadrul deformaţiilor unor elemente de construcţie sub acţiunea oamenilor se concretizează prin săgeţile instantanee ale scărilor, planşeelor şi pereţilor sub efectul şocului de utilizare bruscată a uşilor.

Eforturile necesare la deplasarea oamenilor se referă la caracteristicile geometrice ale scărilor, care influenţează circulaţia pe verticală a oamenilor.

Efortul necesar utilizatorilor pentru manevrarea uşilor, ferestrelor, obloanelor sau a comenzilor instalaţiilor, să fie minim.

Criteriile de performanţă se referă la dimensiunile treptelor, balansarea scărilor şi limita înclinării rampelor de acces, nivelul limită a efortului de manipulare a tâmplăriei (manevrare mânere, butoane, chei, zăvoare), a efortului de manevrare robinete, întrerupătoare electrice, introducere şi extragere ştekere din prizele de contact.

Igiena

Exigenţa izează poluarea mediului ambiant al clădirii şi asigurarea condiţiilor de igienă cu ajutorul instalaţiilor.

Poluarea mediului ambiant al clădirii se referă la emanaţiile de gaze şi fum din combustie şi emisia de substanţe

nocive degajate de unele materiale ce intră în componenţa elementelor de construcţie. Criteriul de performanţă este dat de nivelul limită al emanaţiilor de gaze şi fum din combustie sau de substanţe toxice şi insalubre (praf, mucegai, ciuperci), degajate din unele materiale ale elementelor de construcţie.

Condiţiile de igienă asigurate cu ajutorul instalaţiilor se referă la distribuţia apei potabile (cu debit şi temperatură adecvată), a scurgerii apelor menajere şi la evacuarea gunoaielor.

Utilizarea spaţiilor

Exigenţa se referă la uncţionalitatea spaţiilor interioare şi adaptarea la utilizarea suprafeţelor finisate ale clădirii.

Funcţionalitatea spaţiilor interioare vizează caracteristicile geometrice, adaptabilitatea acestora funcţie de destinaţia încăperilor, caracteristici şi facilităţi privind accesul şi circulaţia în spaţiile interioare. Criteriul de performanţă se raportează la numărul, forma, dimensiuni geometrice, dispoziţia, flexibilitatea şi relaţia între încăperi, mobilarea şi echiparea încăperilor. Aceste caracteristici ale încăperilor sunt funcţie de destinaţia lor. Se va lua în considerare posibilitatea unui acces uşor şi simplu în spaţiile clădirii prin dimensiuni adecvate ale spaţiilor de circulaţie pe orizontală şi pe verticală (număr, poziţie, capacitate a scărilor şi ascensoarelor).

Adaptarea la utilizare a suprafeţelor finisate ale clădirii se referă la rezistenţa la şocuri în timpul exploatării clădirii, rezistenţa la smulgere a finisajului (dezlipire prin tracţiune sau jupuire), la zgâriere fără deteriorare, la poansonare statică şi dinamică a suprafeţelor pardoselelor, teraselor, acoperişurilor, rezistenţă la încărcări rulante a pardoselilor. La acestea se mai adaugă rezistenţa în timpul exploatării la acţiunea apei de ploaie asupra finisajelor exterioare sau din spălare curentă în timpul curăţirii, sau umezirii accidentale (fără şiruire sau stagnare), fără a degrada finisajele interioare.

Suprafeţele finisate în timpul exploatării clădirii trebuie să reziste la agenţi chimici (la pătare şi la curăţirea petelor acestora produse cu substanţe chimice), la pătarea cu praf şi la curăţirea corespunzătoare; să prezinte rezistenţă la ardere cu ţigări aprinse fără deteriorare (arsuri, schimbări de culoare la pardoseli, terase, acoperişuri accesibile) şi rezistenţă mecanică la smulgere a dispozitivelor de fixare a elementelor suspendate fără a deteriora finisajele.

Durabilitate

Exigenţa priveşte durata de viaţă a clădirii sau a elementelor de construcţie şi rezistenţa la agenţi, care ar afecta performanţele acestora pe durata de exploatare a construcţiei.

Durata de viaţă a clădirii şi a elementelor de construcţie componente,

are drept criteriu de performanţă nivelul minim al perioadei de timp, exprimată în ani, în care caracteristicile sunt menţinute la valoarea prescrisă, sub efectul acţiunilor agenţilor exteriori şi interiori.

Rezistenţa la agenţii care influenţeaază performanţele clădirii şi a părţilor componente pe durata de exploatare a construcţiei se referă la agenţii climatici: variaţii de temperatură şi umiditate, îngheţ-dezgheţ, radiaţii solare. Criteriul de performanţă se referă la numărul de cicluri de expunere, la acţiuni climatice combinate, izolate (îngheţ-dezgheţ, şocuri termice, umiditate, încălzire) sau cicluri de mişcări simulate datorită acţiunilor termice sau deformaţiilor mecanice. La acestea se adaugă rezistenţa suprafeţelor exterioare la eroziunea provocată de particolele în suspensie în aer.

Criteriul de performanţă este raportat de coeficientul de abraziune determinat experimental (acesta este raportul dintre o cantitate de nisip normată, suflată cu aer comprimat pe suprafaţa experimentată şi pierderea de grosime a finisajului).

Rezistenţa la agenţii chimici naturali din mediul înconjurător sau artificial din activitatea ce se desfăşoară în clădire, se determină prin numărul de cicluri de expunere la un mediu încărcat cu agenţi chimici caracteristici. Rezistenţa la coroziune electrochimică a elementelor metalice din clădire are drept criteriu de performanţă: evitarea contactului direct a metalelor de natură diferită (la care se produce o diferenţă de potenţial al cuplului galvanic). Rezistenţa la atacul agenţilor biologici (bacterii, ciuperci, rădăcini, insecte, rozătoare), asupra elementelor de construcţie, se determină prin gradul de acoperire a suprafeţei expuse la agenţi biologici, prin pierderea de masă, aspectul elementelor expuse în secţiune (orificii, galerii).

Rezistenţa la încărcări dinamice repetate ale părţilor mobile (uşi, ferestre), ale legăturii acestora cu părţile fixe (la manevrări) din cadrul clădirii, se determină prin încercarea la anduranţă (cicluri de închidere-deschidere a uşilor) şi efectul asupra pereţilor şi tavanului din jurul părţilor mobile.

Rezistenţa la uzura pardoselii şi scărilor produsă de circulaţia oamenilor este determinată de limita de uzură prin abraziune sau solicitări mecanice de forfecare a pardoselii.

Rezistenţa în timp a elementelor de construcţie (sub acţiunea mediului natural sau artificial) poate fi evidenţiată prin acţiunea agenţilor chimici în puncte sensibile ca rosturi, îmbinări, straturi izolatoare, armături.

Eliminarea posibilităţii de acces a agenţilor chimici se realizează prin alcătuiri constructive adecvate unei protecţii corespunzătoare, ventilare, evitarea deteriorării mecanice.

Economie

Exigenţa economică izează indicatori dimensionali, indicatori derivaţi, costuri, consumuri de resurse şi grad de industrializare.

Indicatorii dimensionali pot fi: suprafeţe ale clădirii (aria construită, aria desfăşurată, aria utilă, în unele cazuri aria nivelului, a pereţilor, aria de exploatare, aria de circulaţie, aria exterioară a clădirii), suprafeţe totale aferente ale obiectivului (suprafaţa incintei, suprafaţa construită totală, cea aferentă reţelelor, a căilor aferente de transport, suprafaţa ocupată a terenului) şi volume (a nivelului, volumul total, volumul util total).

Indicatorii derivaţi pot fi: gradul de ocupare a terenului (raportul între suprafaţa ocupată a terenului şi suprafaţa incintei), indicele suprafeţei desfăşurate (raport între aria desfăşurată şi aria utilă desfăşurată), indicele suprafeţei desfăşurate, indicele suprafeţei de circulaţie (raportul între aria de circulaţie şi aria utilă desfăşurată), indicele volumului total (raportul între volumul total şi volumul util desfăşurat), indicele de masivitate a clădirii (raportul între volumul total şi suprafaţa exterioară a clădirii).

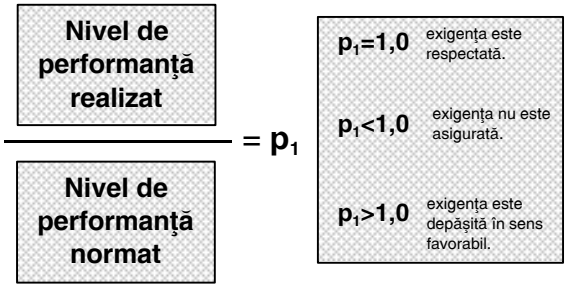
Costurile se referă la: costul de exploatare (anual pentru producerea căldurii în vederea asigurării confortului termic iarna şi consumul de energie pentru răcire necesar compensării însoririi pe timp de vară), cost de întreţinere, reparaţii curente şi capitale (cheltuieli, pentru resurse materiale, umane, necesare în exploatare, pentru menţinerea în timp a caracteristicilor iniţiale ale clădirii), cheltuieli de revenire, actualizare pentru amortizări, impozite, taxe, dobânzi. La acestea se adaugă costul global anual rezultat din valorile aferente de revenire din costul de investiţie iniţială, costul de funcţionare, costul de întreţinere şi reparaţie.

Consumurile de resurse se raportează la consumul iniţial la investiţie: de materiale principale, de manoperă de execuţie (confecţionare sau/şi montaj), de energie înglobată în materiale, elemente de construcţie şi în procese de execuţie. La aceasta se adaugă consumul de energie necesară în exploatare pentru asigurarea confortului higrotermic în clădiri (pentru încălzire pe timp de iarnă şi de răcire pe timp de vară). Pentru a asigura o valoare minimă a acestui consum, în perioada de utilizare a clădirii se va stabili un nivel minim economic al rezistenţei medii la transfer termic şi al coeficientului global de pierderi de căldură a anvelopei clădirii.

Gradul de industrializare reprezintă ponderea valorii aferentă materialelor şi elementelor de construcţie livrate de industrie (prefabricate), a valorii cheltuielilor pentru utilaje folosite la executarea lucrărilor şi montarea elementelor de construcţie din valoarea totală a lucrărilor de construcţie-montaj.

8.3. APRECIEREA CALITĂŢII CONCEPŢIEI CLĂDIRII

În vederea aprecierii calităţii unei clădiri se va utiliza conceptul de performanţă exprimat prin următorul raport:



Calitatea unei clădiri variază după legi mai complexe.

De exemplu, izolarea termică a unui element de construcţie exterior conduce la creşterea gradului de confort în interiorul clădirii şi la micşorarea consumului de energie pentru încălzire.

În schimb, acest efect se poate micşora datorită măririi transferului de căldură prin alte zone, care devin dominante - ferestre, ventilare.

Un alt exemplu este creşterea capacităţii de izolare acustică a elementelor de construcţie de închidere exterioară, care va mări gradul de confort în locuinţe; în schimb, utilizatorul pierde contactul auditiv cu lumea înconjurătoare, devine mai neliniştit putând să-şi audă chiar propiile zgomote (bătăile inimii).

În vederea aprecierii unei variante de proiectare a unei clădiri se va utiliza următoarea relaţie:

$$N = \sum \alpha_i \cdot p_i \qquad (8.1)$$

N - nota de apreciere a variantei de proiectare;

p_i - raportul dintre valoarea normată şi cea realizată a nivelului de performanţă;

α_i - coeficient care reprezintă gradaţia importanţei performanţelor şi exprimă ponderea fiecărei exigenţe de performanţă.

Aprecierea calităţii unei clădiri, edificiu sau un ansamblu urban se face în mod diferit din punct de vedere al beneficiarului clădirii sau al trecătorului.

Beneficiarul este cel care va utiliza clădirea şi va suporta costul de investiţii, reparaţii, întreţinere şi exploatare a acesteia.

El va observa şi deficienţele clădirii ce nu pot fi remediate. Trecătorul este cel care contemplă edificiul din exterior şi apreciază calităţile estetice ale acestuia.

Aprecierea reală a calităţii unei clădiri este dată de: modul de valorificare a terenului economisit printr-o amplasare optimă (evitându-se supradimensionările), păstrarea acestuia în circuitul agricol; consumul redus de apă şi energie; modul cum este apărată de nocivităţi (zgomot, gaze, substanţe poluante).

Capitolul

9

HIGROTERMICA CLĂDIRILOR

9.I. IZOLARE TERMICĂ

9.I.1. GENERALITĂŢI

Îmbunătăţirea protecţiei termice are o influenţă substanţială asupra reducerii pierderilor de căldură şi deci asupra micşorării consumului de energie pentru încălzirea clădirilor.

În cadrul concepţiei clădirilor, în paralel cu calculele de rezistenţă ale elementelor principale de construcţie, se va efectua şi calculul capacităţii globale de izolare termică a elementelor de închidere (anvelopa).

Confort termic interior

Scopul principal al realizării unei capacităţi optime de izolare termică este asigurarea condiţiilor de confort termic interior. Cele două criterii ale confortului termic: criteriul subiectiv (senzaţia de confort sau inconfort) şi criteriul obiectiv (reacţiile organismului uman - pulsaţiile cardiace, consumul de oxigen) la acţiunile mediului înconjurător nu sunt întotdeauna compatibile. Corpul omenesc în schimbul termic cu mediul înconjurător are calitatea de a menţine constantă temperatura internă pentru diferite condiţii climatice.

Variaţia pierderilor de căldură ale corpului omenesc este dirijată de centrul termoregulator, care poate realiza modificarea debitului sanguin în vasele din zona periferică. Aceasta influenţează schimbul termic cu mediul, prin faptul că transportul căldurii se realizează prin convecţie sanguină. În condiţii de vară, temperatura aerului interior este influenţată de: volumul încăperii, de suprafaţă, orientarea şi sistemul de protecţie termică a ferestrelor, caracteristicile anvelopei (rezistenţă la transfer termic, inerţie termică) suprafaţa şi inerţia termică a

elementelor interioare şi poziţia încăperii în clădire.

Pe baza analizei balanţei termice a corpului omenesc s-a introdus cuantificarea confortului. Indicele de confort, pentru un mediu favorabil din punct de vedere termic, depinde de natura activităţii, rezistenţa termică a îmbrăcăminţii, temperatura aerului interior, umiditatea relativă a aerului interior, temperatura medie radiantă a suprafeţei de închidere şi compartimentare, viteza de mişcare a aerului interior şi de transferul termic prin convecţie între corpul omenesc şi mediu.

Asigurarea confortului termic, în special prin temperatura medie radiantă a suprafeţelor de închidere şi compartimentare reprezintă o cerinţă de prim ordin în proiectarea izolării termice a anvelopei, care se compune din elementele perimetrale ce delimitează volumul încălzit al clădirii de exterior şi/sau de spaţii neîncălzite.

Economie de combustibil pentru încălzire

Izolarea termică infuenţează asupra micşorării pierderilor de căldură, deci implicit reduce consumul de energie pentru încălzirea clădirilor. Mărirea protecţiei termice se poate realiza prin utilizarea la elementele opace a materialelor termoizolatoare eficiente cu grosimi sporite şi prin folosirea elementelor vitrate duble sau triple cu etanşare sporită. La aceasta se adaugă şi folosirea unei instalaţii de încălzire performante. Aceasta va coduce la mărirea nesemnificativă a costului de investiţii dar va reduce substanţial consumul de combustibil în exploatare. Efectele economice ale îmbunătăţirii izolaţiei termice pot fi evaluate prin numărul de ani în care se recuperează surplusul de investiţii prin combustibilul economisit în exploatare şi în continuare la o amortizare mai rapidă a costului de investiţii a clădirii.

9.I.2.TRANSMITEREA CĂLDURII PRIN ELEMENTELE DE CONSTRUCŢIE

Moduri de transmitere a căldurii

Studiul problemei de transfer ale căldurii, funcţie de variaţia temperaturii cu timpul, în construcţii, poate fi abordat în ipotezele regimului staţionar şi nestaţionar. În cazul regimului termic staţionar temperatura nu variază cu timpul, iar regimul termic nestaţionar este caracterizat de variaţia temperaturii în timp. Datorită variaţiei temperaturii mediului inconjurător, a utilizării materialelor cu masă redusă şi a structurilor în straturi apare necesară realizarea calculului în ipoteza regimului termic nestaţionar.

Iarna transmisia căldurii se va realiza de la interiorul clădirii spre exterior ($T_i>T_e$) iar vara acest transfer se va efectua de la aerul exterior (în special în timpul zilei) spre interiorul clădirii($T_e>T_i$).

Transmisia căldurii prin elementele de construcţii se efectuează prin conducţie, convecţie şi radiaţie (fig. 9.I.1).

Conducţia este transmiterea căldurii proprie corpurilor solide sau fluide deci a elementelor de construcţie, care sunt corpuri capilaro-poroase şi cu cavităţi mari. Conducţia, în scheletul solid sau prin amestecul de aer-apă din cavităţi, are loc prin transmisia energiei cinetice a moleculelor ce vibrează în jurul poziţiei lor de echilibru. Deci transmisia prin conducţie are loc prin transferul electronic, prin oscilaţiile particolelor componente şi prin radiaţia între particolele elementare învecinate.

Transmisia căldurii Φ (J) prin conducţie la straturi omogene, în regim staţionar este direct proporţională cu: coeficientul de conductivitate termică 9 (W/mK); suprafaţa elementului A (m^2); temperatura suprafeţei interioare şi respectiv exterioare a elementelor de construcţie T_{si}, T_{se}(^{0}C,K); timpul ⊠ (h) şi invers proporţională cu grosimea elementului d(m). Caracterizarea este în relaţia (pe baza ecuaţiei lui Fourier):

$$\Phi = \lambda \cdot \frac{A(T_{si} - T_{se})}{d} \cdot \tau \qquad (9.1)$$

Convecţia este un mod de transmisie a căldurii, care se realizează prin deplasarea unui fluid. Convecţia explică fenomene ca: ventilaţia naturală, încălzirea încăperii prin pardoseală (aerul cald se dilată, devine mai uşor şi se ridică spre tavan), circulaţia apei calde în reţeaua instalaţiei de încălzire. Transmisia apare între suprafaţa elementului de construcţie de la interior şi/sau de la exterior şi aerul înconjurător. Cantitatea de căldură primită sau cedată la suprafaţa de contact a elementului de construcţie cu mediul înconjurător, se determină pe baza legii lui Newton:

$$q_i = \alpha_i \cdot (T_i - T_{si}) \qquad (9.2)$$

$$q_e = \alpha_e \cdot (T_{se} - T_e) \qquad (9.3)$$

în care:

q_i, q_e - fluxul termic prin convecţie primit sau cedat (W/m^2);

T_i-T_{si} - diferenţa de temperatură la primire (K);

T_{se}-T_e - diferenţa de temperatură la cedare (K);

α_i, α_e - coeficient de transfer termic prin convecţie la suprafaţa interioară sau exterioară (W/m^2+K).

Coeficientul de transfer termic prin convecţie la suprafaţă depinde de: viteza aerului din vecinătatea suprafeţei, de natura şi forma suprafeţei, de poziţia suprafeţei în raport cu direcţia fluxului de căldură transmis prin convecţie (fig. 9.I.1).

Radiaţia transmite căldura sub formă de unde electromagnetice. Rugozitatea, culoarea şi forma elementelor de construcţie au o mare influenţă asupra capacităţii corpurilor de a emite, absorbi sau reflecta radiaţiile termice. Fenomenul de radiaţie apare la diferenţe mari de temperatură între corpurile de încălzire.

Densitatea fluxului de căldură radiantă este, conform relaţiei Stephn-Boltzmann, direct proporţională cu temperatura absolută (t) la puterea a patra şi coeficientul de radiaţie:

$$q_r = c_r \cdot \left(\frac{t}{100}\right)^4 \quad (W/m^2) \qquad (9.4)$$

Transmisia căldurii printr-un perete exterior

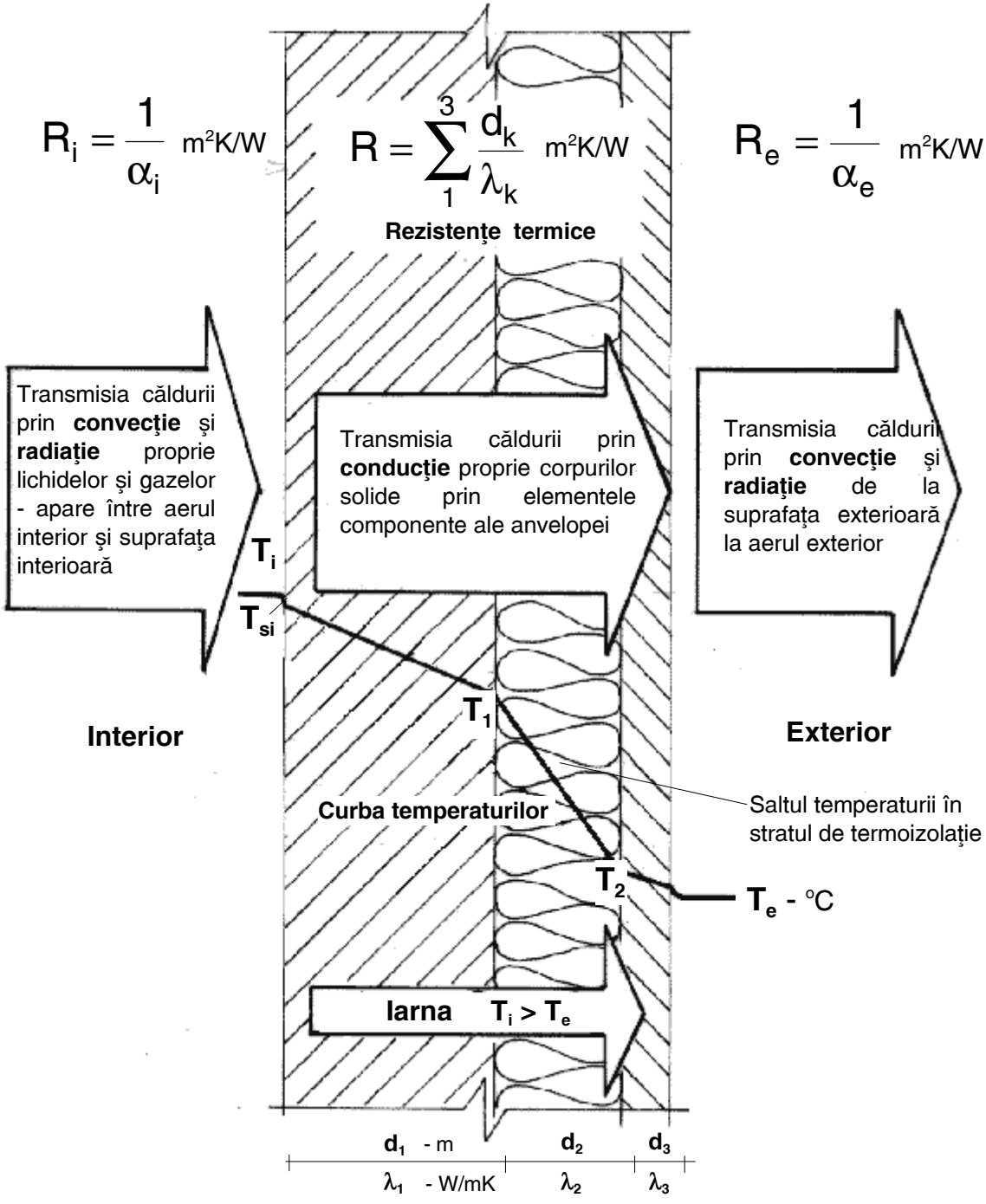


Fig. 9.I.1 Moduri de transmisie a căldurii printr-un perete exterior alcătuit din trei straturi

Cantitatea de căldură primită prin radiaţie de la aerul interior la suprafaţa interioară a elementului de construcţie sau cea transmisă de suprafaţa exterioară a aerului exterior este:

$$q_r = c_r \cdot A\left[\left(\frac{t_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{t_2}{100}\right)^4\right] \quad (W) \quad (9.5)$$

în care:

c_r - coeficientul de radiaţie ($W/m^2,K^4$);

A suprafaţa care radiază sau primeşte căldură (m^2);

$t_1=T_i+273$ sau $t_2=T_{se}+273$ - temperatura absolută a aerului încăperii sau a suprafeţei exterioare a elementului de construcţie (K);

$t_2=t_{si}+273$ sau $t_2=t_e+273$ -temperatura absolută a suprafeţei interioare a elementului de construcţie sau a aerului exterior(K).

Caracteristici pentru calculul termic

Principalele caracteristici necesare dimensionării termice a elementelor de construcţii sunt: temperatura (T - ^{0}C), conductivitatea termică (9 - W/m,K), capacitatea calorică masică (c - J/kg,K), densitatea aparentă a materialului (ρ - kg/m^3) şi coeficientul de transfer termic superficial (✻ - $W/m^2,K$).

Temperatura aerului interior sau exterior se măsoară cu ajutorul termografelor înregistratoare, iar temperatura suprafeţei elementelor de construcţi se determină cu potenţiometre cu mai multe canale şi dispozitive cu termocuple.

Coeficientul de conductivitate termică 9 (W/mK) este o caracteristică termofizică importantă a materialelor de construcţii şi variază între valorile 0,035...3 W/mK. Conductivitatea termică a materialelor de construcţii este influenţată de: densitate, structură internă, starea de îndesare, umiditate şi temperatură. Astfel, coeficientul de conductivitate termică (9) creşte cu densitatea aparentă şi scade cu porozitatea materialului. În cazul materialelor poroase (9_{aer}=0,023 W/mK), transferul de căldură are loc atât prin conducţie (în scheletul solid şi în amestecul de aer şi apă ce umplu cavităţile), cât şi prin convecţie (datorită mişcării aerului în cavităţi sub influenţa diferenţelor de densitate din vecinătatea pereţilor cu temperaturi diferite).

Materialele de construcţii cu porii mari sunt mai puţin eficiente ca izolare termică decât materialele cu porii mici, deoarece cantitatea de căldură schimbată prin convecţie şi radiaţie prin porii mari este mai mare decât prin cei mici. Conductivitatea termică este influenţată de forma porilor, de exemplu la materialele cu structură fibroasă cum este lemnul, 9 este mai mare în direcţia paralelă cu fibrele în comparaţie cu cea perpendiculară pe fibre.

Coeficientul de conductivitate termică creşte cu umiditatea datorită faptului că aerul din pori (9=0,023 W/mK) este înlocuit de apă (9=0,57 W/mK) cu o conductivitate de 25 de ori mai mare.

Conductivitatea termică variază direct proporţional cu temperatura, conform relaţiei:

$$\lambda_t = \lambda_0 (1 + \beta \cdot T_{med}) \qquad (9.6)$$

în care:

λ_T coeficientul de conductivitate termică la temperatura T(W/mk);

λ_0 coeficientul de conductivitate termică la 0^0C (W/mK);

β - coeficientul ce exprimă creşterea coeficientului de conductivitate pentru 1K;

T_{med} temperatura medie de exploatare a elementului de construcţie (^{0}C).

Determinarea experimentală a coeficientului de conductivitate termică (λ) este mai sigură în regim staţionar, pentru că proba de material este supusă, după un timp de la începerea experimentărilor, unor diferenţe de temperatură stabile. Metoda plăcii, prin folosirea aparatului Dr.Bock, utilizează probe sub formă de plăci cu dimensiunea 25x25 cm şi grosimi până la 8 cm. Probele se introduc între două suprefeţe cu temperaturi constante dar diferite. Una din plăci este rece sub influenţa unui circuit de apă, iar cealaltă este caldă, temperatra fiind asigurată pe cale electrică.

Coeficientul de conductivitate termică se determină cu relaţia:

$$\lambda = \frac{q \cdot d}{\Delta T - q \cdot w} \quad (W/mK) \qquad (9.7)$$

în care:

q fluxul termic(w/m^2);

d grosimea probei(mm);

ΔT diferenţa temperaturilor medii ale suprafeţelor calde şi reci ale probei de material (^{0}K);

w constantă ce stabileşte suma rezistenţelor termice ale aparatului w = 3 - (m^{2}K/W).

Dimensiunile relativ mari ale probelor permit ca în rezultat să se reflecte structura materialului.

În calcule se utilizează un coeficient echivalent de conductivitate termică, care are valori mai mari ca cele determinate cu aparatul Dr. Bock în regim staţionar. Acest coeficient corespunde umidităţii de echilibru şi temperaturii medii în condiţii de exploatare.

La unele elemente de construcţii cum sunt zidăriile (blocuri şi mortar) se va utiliza la modelul geometric o conductivitate termică echivalentă a celor două materiale:

$$\lambda_{ech.} = \frac{\sum \lambda_j A_j}{\sum A_j} (Wm/K) \qquad (9.8)$$

în care:

$\lambda_j A_j$ - conductivitate termică şi aria materialelor componente.

Capacitatea calorică masică este o caracteristică ce intervine în relaţiile de calcul în legătură cu capacitatea de acumulare a căldurii.

Valoarea capacităţii calorice masice la unele materiale este: beton 840 J/kg,K; cărămidă 870 J/kg,K; ipsos 840 J/kg,K; lemn 2510 J/kg,K; metal 480 J/kg,K; materiale plastice 1460 J/kg,K; apa 4190 J/kg,K.

Se poate considera că masele mari de apă (având capacitatea calorică masică cea mai ridicată), se manifestă în timpul iernii ca un rezervor de căldură

şi atenuează variaţiile de temperatură sezoniere.

Transfer termic prin elemente de construcţie în straturi

Să analizăm un element de închidere, perete exterior, realizat din mai multe straturi. Pentru structura din fig. 9.I.1 se consideră că densitatea fluxului termic este constantă ($q_1=q_2=q_3=q$) în cadrul transmisiei căldurii prin conducţie în regim staţionar:

$$q = \frac{\lambda_1}{d_1}(T_{s_i} - T_1) \rightarrow T_{s_i} - T_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} \cdot q \quad (9.9)$$

$$q = \frac{\lambda_2}{d_2}(T_1 - T_2) \rightarrow T_1 - T_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} \cdot q \quad (9.10)$$

$$q = \frac{\lambda_3}{d_3}(T_2 - T_{s_e}) \rightarrow T_2 - T_{s_e} = \frac{d_3}{\lambda_3} \cdot q \quad (9.11)$$

se adună relaţiile obţinându-se:

$$T_{s_i} - T_{s_e} = q\left(\frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_1} + \frac{d_3}{\lambda_3}\right) \quad (9.13)$$

În câmpul termoizolant, densitatea fluxului termic este stabilită de relaţia:

$$q = \frac{T_{s_i} - T_{s_e}}{\frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3}} = \frac{T_{s_i} - T_{s_e}}{R_{st}} \quad (9.14)$$

Deci densitatea fluxului termic la transmisia căldurii prin conducţie este egală cu raportul între diferenţa de temperatură dintre suprafeţele extreme ($T_{s_i} - T_{s_e}$) şi rezistenţa specifică la permeabilitate termică (R_{st}).

Rezistenţa specifică la permeabilitatea termică a elementului de construcţie, alcătuit din trei straturi, se determină cu relaţia:

$$R_{st} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} \quad (m^2K/W) \quad (9.15)$$

în care:

d_1, d_2, d_3 grosimi de calcul, a straturilor la materiale care suferă tasări sau topiri la punerea în operă, grosimea d se consideră în studiul final (m);

λ_1, λ_2, λ_3 conductivităţi termice de calcul (W/m,K);

Analizând transmisia căldurii printr-un element de construcţie ce separă două medii cu temperaturi diferite, în regim termic staţionar - densitatea fluxului termic constantă - se deosebesc trei zone.

Zona I - în care transmisia căldurii se face prin convecţie şi radiaţie de la aerul interior (T_i) la faţa interioară a elementului (T_{si})

$$q_I = \alpha_i(T_i - T_{s_i}) \quad (W/m^2) \quad (9.16)$$

în care:

α_i coeficient de transfer termic prin suprafaţa interioară (W/m^2,K);

Zona II - în care transmisia căldurii se realizează prin conducţie de la suprafaţa mai caldă la suprafaţa mai rece.

$$q_{II} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\lambda_i}{d_i}(T_{s_i} - T_{s_e}) \quad (W/m^2) \quad (9.17)$$

Semnificaţiile sunt aceleaşi ca şi în relaţiile 9.14, 9.15.

Zona III - în care transmisia căldurii se face prin convecţie şi radiaţie de la suprafaţa exterioară a elementului (T_{se}) la aerul exterior (T_e)

$$q_{III} = \alpha_e \cdot (T_{s_e} - T_e) \quad (W/m^2) \quad (9.18)$$

în care:

α_e coeficient de transfer termic prin suprafaţa exterioară (W/m^2,K);

În regimul staţionar fluxul termic este constant:

$$q_I = q_{II} = q_{III} = q \qquad (9.19)$$

$$T_i - T_{s_i} = \frac{1}{\alpha_i} \cdot q \qquad (9.20)$$

$$T_{s_i} - T_{s_e} = \sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{\lambda_i} \cdot q \qquad (9.21)$$

$$T_{s_e} - T_e = \frac{1}{\alpha_e} \cdot q \qquad (9.22)$$

Se adună relaţiile şi se obţine:

$$T_i - T_e = q \cdot \left(\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e} \right) \qquad (9.23)$$

$$T_i - T_e = q \cdot R \qquad (9.24)$$

Rezistenţa termică specifică (R m^2,K/W) a elementelor de construcţie se determină cu relaţia:

$$R = R_{s_i} + R_s + R_{s_e} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e} \qquad (9.25)$$

Determinarea distribuţiei temperaturii din straturile de separaţie ale elementelor de construcţie (fig. 9.I.2), în cazul fluxului termic constant se realizează cu relaţia ce se obţine astfel:

$$q = \frac{1}{R_{s_i}}(T_i - T_{s_i}) = \frac{1}{R_{s_1}}(T_{s_i} - T_1) = ... = \frac{1}{R}(T_i - T_e) \qquad (9.26)$$

Se egalează fiecare termen al expresiei cu ultimul se obţine:

$$\frac{1}{R_{s_i}}(T_i - T_{s_i}) = \frac{1}{R}(T_i - T_e) \qquad (9.27)$$

$$T_{s_i} = T_i - \frac{R_{s_i}}{R}(T_i - T_e) \qquad (9.28)$$

Stratul 1:

$$T_1 = T_i - \frac{R_s + R_{s_1}}{R}(T_i - T_e) \qquad (9.29)$$

Stratul k:

$$T_k = T_i - \frac{R_s + R_{s_k}}{R}(T_i - T_e) \qquad (9.30)$$

Rezistenţa termică a stratului de aer

Acesta variază (ϑ_{aer}=0,023 W/mK) variază funcţie de: grosimea stratului (10 mm 0,14 m^2,K/W; 100mm 0,17 m^2,K/W); poziţia elementului de construcţie - orizontal (50 mm 0,18 m^2,K/W) vertical (50 mm 0,16 m^2,K/W); direcţia fluxului termic, de exemplu într-un strat orizontal, de jos în sus (25mm 0,16 m^2,K/W)sau de sus în jos (25mm 0,19 m^2,K/W), temperatura şi umiditatea aerului.

Grosimea optimă în cazul izolării termice, a stratului de aer este de 10 30mm. La grosimi ce depăşesc 50mm rezistenţa termică a aerului este influenţată de schimburile de căldură prin convecţie. Eficienţa termică a straturilor de aer este mărită dacă se etanşează elementele de construcţii pentru a se evita circulaţia aerului.

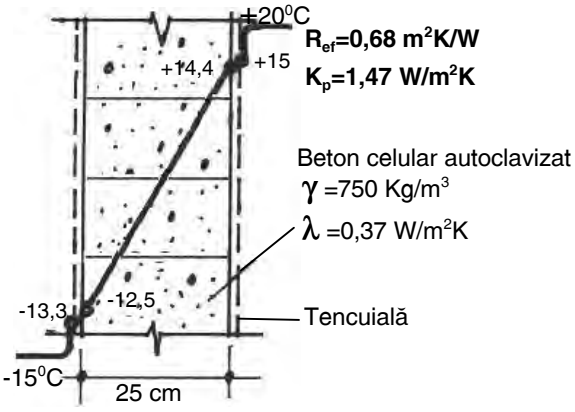
9.I.3. DIMENSIONAREA TERMICĂ A ELEMENTELOR DE CONSTRUCŢIE

Calculul pentru perioada de iarnă. Scopul dimensionării termice este asigurarea cerinţelor de confort, reducerea de combustibil necesar ţncălzirii şi micşorarea poluării atmosferei de la gazele arse.

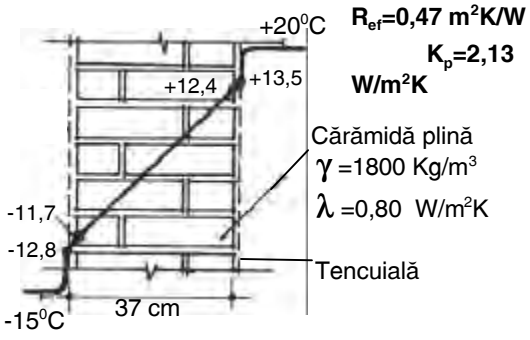
Pierderile de căldură prin elementele de închidere exterioară trebuie să fie în limita unor valori optime.

Distribuţia temperaturilor în pereţii exteriori

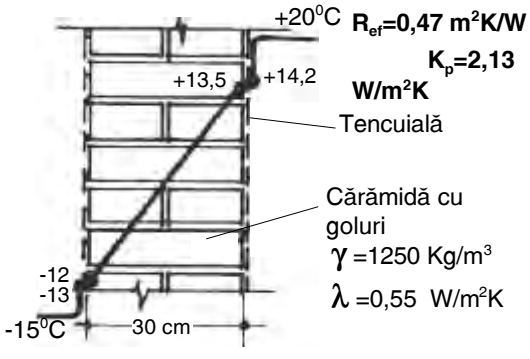
1. Pereţi de zidărie din blocuri de beton celular autoclavizat



2. Pereţi de zidărie din cărămidă plină

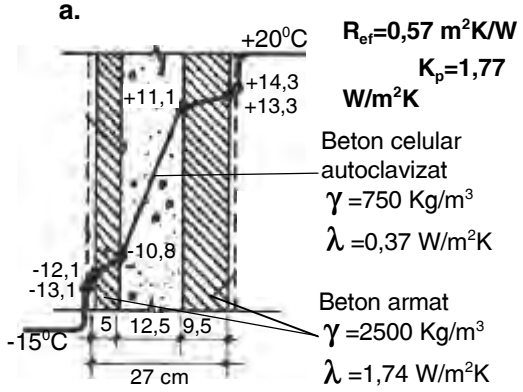


3. Pereţi de zidărie din cărămidă cu goluri

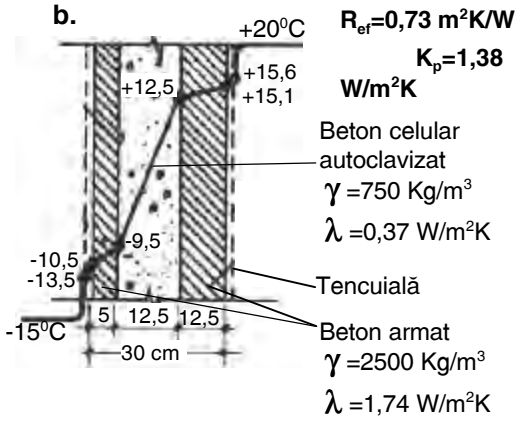


4. Pereţi din panouri prefabricate din beton armat

a.



b.



c.

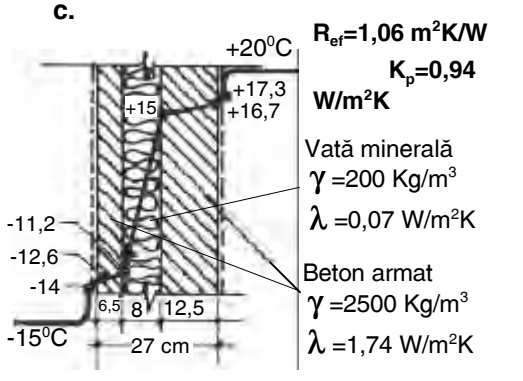


Fig. 9.I.2. Distribuţia temperaturilor în anvelopa clădirii. Pereţi de zidărie (1, 2, 3). Pereţi din beton armat (4.a, 4.b, 5)

Aceasta implică respectarea relaţiilor: $R' \geq R'_{nec}$

în care:

R - rezistenţa termică specifică pe ansamblul elementelor de construcţii;

R_{nec} rezistenţa minimă necesară din considerente igienico-sanitare ce se calculează cu relaţia:

$$R'_{nec} = \frac{T_i - T_e}{\alpha_i \cdot \Delta T_{imax}} \quad (m^2K/W) \quad (9.31)$$

în care:

T_i - temperatura aerului interior (^{0}C);

T_e temperatura convenţională a aerului exterior (^{0}C);

α_i coeficientul de transfer termic prin suprafaţă, la interior;

ΔT_{imax} =(T_i-T_{si}) max diferenţa maximă de temperatură admisă între temperatura aerului interior şi temperatura medie a suprafeţei interioare a elementului de construcţie, în funcţie de destinaţia clădirilor şi încăperilor.

Dimensionarea termică a elementelor de închidere exterioare a clădirilor se mai poate face considerând valorile lui R_{nec} din tabelul de mai jos:

Tabelul nr. 9.1

Poziţia elementului de construcţie în clădire	Zone climatice		
	I	II	III
Acoperiş tip terasă	1,46	1,54	1,63
Pod	1,37	1,46	1,54
Planşeu peste subsol	0,68	0,77	0,86
Pereţi exteriori	1,16	1,20	1,24

Încadrarea localităţilor în una din cele trei zone climatice în condiţii de iarnă se face conform hărţii din standard.

Temperaturile exterioare de calcul reprezintă valori convenţionale de calcul ce satisfac exigenţele din practică. Pierderile de clădură depind de diferenţa dintre temperatura interioară şi cea exterioară şi de durata de acţionare a acestor diferenţe. Acestea se exprimă în grade-ore, de exemplu pentru Iaşi (zona II; -15^{0}C) avem 2000 grade-ore conform înregistrărilor dintr-o iarnă convenţională.

Calculul pentru perioada de vară se realizează considerând şi influenţa radiaţiei solare, care are o pondere ridicată pe suprafeţele pereţilor orientaţi spre sud, vest dar şi la acoperişuri.

Temperatura exterioară este indicată într-o zonare a ţării cu temperaturi medii ale aerului măsurate la ora 14, în luna cea mai călduroasă a anului.

În calcul se consideră o temperatură exterioară echivalentă, care înglobează temperatura aerului şi influenţa radiaţiei solare.

Temperatura aerului exterior este inferioară temperaturii suprafeţei expuse, care este influenţată de: natura şi culoarea suprafeţei, orientarea şi caracteristicile suportului. Exemple de intensităţi ale radiaţiei, care depind de natura şi structura suprafeţelor:corp absolut negru 4,9 Kcal/m^2+h, beton brut sau carton asfaltat 4,5 Kcal/m^2+h, folie de aluminiu 0,26 Kcal/m^2+h.

Suprafeţele cu absorbţie mare au şi o emisie mare a radiaţiei proprii, iar cele cu capacitate de reflexie mare posedă o radiaţie proprie mică.

Temperatura superficială pe acoperişurile terasă, acoperite cu hidroizolaţie de culoare închisă, este de 70^0C datorită radiaţiilor solare, la o temperatură a aerului de $+25^0$C.

Orientarea pereţilor exteriori, în toate anotimpurile, influenţează asupra fluxului de căldură.

Radiaţia solară, pe un perete cu diferite orientări măsurată în luna iulie la o latitudine de peste 50^0 este indicată în Tabelul nr.9. 2

Orientarea	NE	E	SE	S	SV	V	NV	N
Perioada din zi (între orele)	5-10	5-11	5-13	8-16	11-19	13-19	14-19	17-19
Radiaţia solară m.t.h/m^2+h	1677	2740	2670	1980	2670	2740	1677	225

Inerţia termică

Inerţia termică a elementelor exterioare de construcţie are rolul de a amortiza efectele variaţiilor de temperatură, în cadrul transferului de căldură, în regimul termic nestaţionar.

Stabilitatea termică se apreciază prin amortizarea oscilaţiilor de temperatură, care se exprimă prin raportul între amplitudinea temperaturii suprafeţei exterioare şi cea a suprafeţei interioare a elementului de construcţie.

Capacitatea de acumulare sau de cedare termică a elementelor de construcţie este funcţie de: conductivitatea termică, capacitatea calorică masică, densitatea specifică aparentă, grosime şi de diferenţa de temperatură.

La elementele de construcţie, în straturi, ce fac parte din anvelopa clădirii, stratul cu inerţia termică mare se pozează la interior, ceea ce conduce la o acumulare de căldură mai mare şi la variaţii mici ale temperaturii aerului interior, datorită oscilaţiilor temperaturii aerului exterior.

Stratul interior are rol de volant termic, acumulând căldură în timpul funcţionării instalaţiei de încălzire, pe care o cedează aerului interior în perioada când instalaţia nu funcţionează.

Inerţia termică, caracterizată prin numărul undelor de temperatură ce pătrund în grosimea elementului, va conduce la aprecierea capacităţii de acumulare sau cedare a căldurii.

Indicele de inerţie termică, a elementelor de construcţie cu mai multe straturi se calculează cu relaţia:

$$D = \sum_{j=1}^{n} R_j \cdot s_j \qquad (9.32)$$

în care:

R_j rezistenţa la transfer termic a stratului j (m^2K/W);

s_j coeficientul de asimilare termică a materialului stratului j (W/m^2K);

Coeficientul de asimilare termică ce caracterizează capacitatea de asimilare a căldurii (pentru perioada oscilaţiilor fluxului termic de 24 de ore) de către materialele de construcţii, se determină cu relaţia:

$$s = 8{,}5.10^{-3}\sqrt{\lambda \cdot c \cdot \rho} \quad (W/m^2K) \quad (9.33)$$

în care:

9 - coeficientul de conductivitate termică (W/m+K);

c capacitatea calorică masică la presiune constantă (J/kg+K);

→ - densitatea aparentă a materialului (kg/m^3);

Materialele termoizolatoare, cu greutate redusă, au valorile lui s mici (polistiren expandat s = 0,29 W/m^{2}K) iar materialele grele cu 9 şi → mare au valoarea lui s mare (oţel de construcţie s=125,74 W/m^{2}K).

Indicele de inerţie termică, ce caracterizează masivitatea sau capacitatea de acumulare sau cedare a elementelor de construcţii, conduce la următoarea clasificare:

D < 4 elemente cu masivitate mică;

4<D<7 elemente cu masivitate mijlocie;

D > 7 elemente cu masivitate mare.

Inerţia termică a elementelor de construcţie reprezintă capacitatea de a întârzia, un interval de timp, oscilaţiile termice în interiorul încăperilor datorită acţiunii termice exterioare.

Întârzierea încălzirii încăperilor, în timp de vară, se realizează cu un defazaj al oscilaţiilor termice de 8 ore. Pereţii exteriori supuşi unei durate mici a radiaţiilor solare impun o valoare redusă a defazajului în perioadă de vară şi o valoare mai mare în perioadă de iarnă.

Punţi termice

Punţile termice sunt zone a elementelor de construcţie din anvelopă cu structuri neomogene prin care propagarea căldurii este mai intensă.

Temperatura suprafeţei interioare a punţilor termice, în perioada de iarnă, este mai coborâtă ca temperatura din zonele curente favorizând condensarea vaporilor de apă.

Punţile termice se întâlnesc, în practică, frecvent, la îmbinările elementelor de construcţii sau acolo unde în grosimea anvelopei sunt incluse elemente de rezistenţă (fig. 9.3).

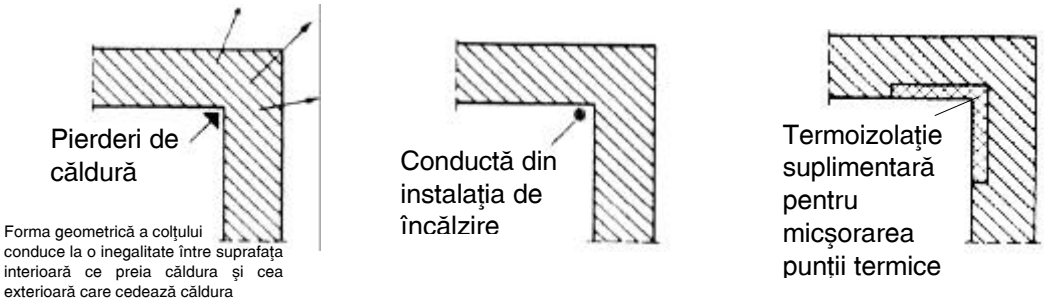
Exemplificări de punţi termice: buiandrugi, sâmburi din beton armat, nervurile de legătură între straturile din beton armat la panourile mari prefabricate sau diafragmele monolite, la intersecţia elementelor portante verticale între ele sau în zona rezemării planşeelor. Punţile termice pot fi: totale, pe toată grosime elementului, parţiale şi de colţ.

Scopul concepţiei higrotermice optime a anvelopei cu punţi termice este evitarea condensării vaporilor de apă pe suprafaţa interioară. Micşorarea fluxului termic în dreptul punţilor termice se realizează printr-o proiectare higrotermică corespunzătoare finalizată prin adoptarea unor alcătuiri constructive eficiente.

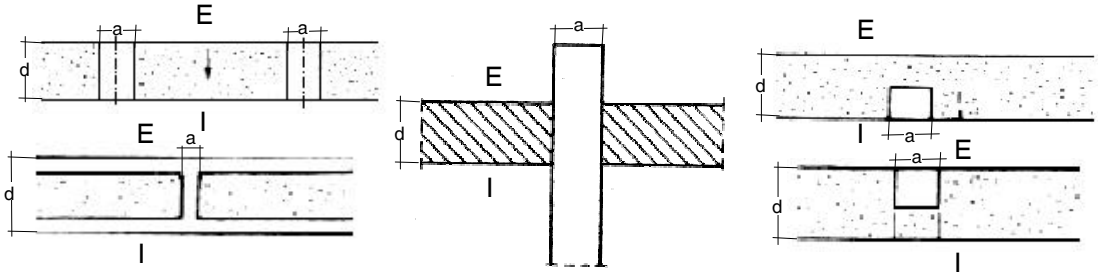
Pentru obţinerea unei temperaturi cât mai uniforme a suprafeţei interioare a anvelopei, în zona punţilor termice se va dispune termoizolaţia suplimentară pe suprafaţa rece, se va micşora lăţimea punţii termice , se va mări distanţa între punţi şi se va majora rezistenţa termică în secţiunea curentă a elementului de construcţie.

Punţi termice

I. Punte termică la colţul elementului de anvelopă



II. Punţi termice în elementele anvelopei



III. Caracteristicile geometrice şi higrotermice ale punţii termice

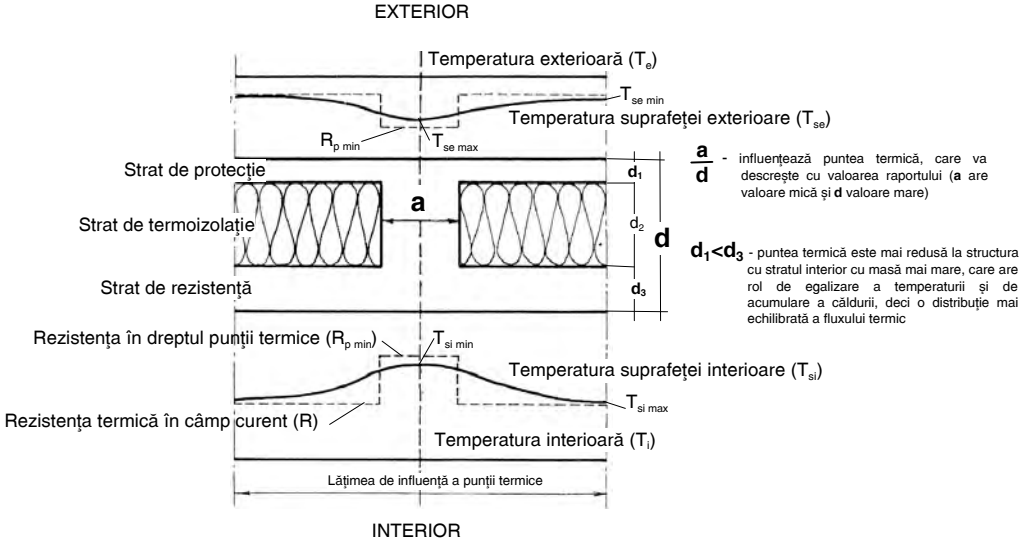


Fig. 9.3 Punţi termice în elementele anvelopei, de colţ (I), curente (II), caracteristici (III)

Comportarea higrotermică a punţii termice este considerată corespunzătoare dacă sunt satisfăcute relaţiile:

$$.T_{si}(T_{simin}, T_{sicolţ}) \geq \theta_r \qquad (9.34)$$

în care:

$T_{simin}, T_{sicolţ}$ - temperatura suprafeţei interioare în dreptul punţii termice (°C);

$_r$ - temperatura de rouă (°C);

T_{si} - temperatura suprafeţei interioare (°C);

În zona punţii termice, câmpul de temperatură prezintă o variaţie plană sau spaţială, iar analiza comportării din punct de vedere termic se realizează prin calcul analitic direct, sau utilizarea programelor de calcul automat.

Rezistenţa termică în dreptul punţii termice este mai mare decât cea calculată considerând puntea ca un element independent (fără influenţa favorabilă a zonelor învecinate) şi este mai mică decât rezistenţa termică calculată pentru porţiunea curentă a elementului de construcţie: $R' > R_{min}$ şi $R' < R_{max}$.

Temperatura pe suprafaţa interioară a punţii termice se determină cu relaţia:

$$T_{simin} = T_i - (T_i - T_e)\frac{R_i}{R_{min}} \qquad (9.35)$$

în care:

T_i temperatura aerului interior (°C);

T_e temperatura convenţională a aerului exterior (°C);

R_i rezistenţa la transfer termic pe suprafaţa interioară (m^2+K/W);

R_{min}- rezistenţa termică în zona punţii termice (m^2+K/W);

Temperatura determinată cu această relaţie trebuie să satisfacă inegalitatea:

$$T_{simin} > {}_r \qquad (9.36)$$

Punţile termice totale conduc la căderi mari de temperatură pe faţa interioară a anvelopei. Aceste temperaturi se măresc odată cu creşterea lăţimii punţii termice.

Influenţa punţii termice în cadrul anvelopei clădirii descreşte cu micşorarea raportului între lăţimea punţii termice şi grosimea totală a anvelopei.

Se recomandă ca stratul de rezistenţă din beton armat (la panouri mari şi diafragme) cu inerţie termică mare să fie amplasat la interior pentru a îndeplini rolul de volant termic prin acumulare de căldură şi uniformizare a temperaturii pe faţa interioară a anvelopei.

Corectarea punţilor termice se relizează cu termoizolaţie eficientă (coeficient de conductibilitate şi densitate mică) dispusă la exterior. Se recomandă ca aceste materiale termoizolatoare să aibă rezistenţă mare la permeabilitate la vaporii de apă. Lăţimea termoizolaţiei e necesar să depăşească pe cea a punţii termice.

9.I.4. CALCULUL COEFICIENTULUI GLOBAL DE IZOLARE TERMICĂ LA CLĂDIRI DE LOCUIT

Calculul coeficientului global de izolare termică va conduce la o concepţie raţională a clădirii datorită micşorării pierderilor de căldură prin anvelopă, la care se adaugă pierderile de căldură datorită ventilării aerului şi infiltraţiei aerului exterior prin rosturile clădirii.

Acest calcul conduce la stabilirea nivelului de performanţă termotehnică a întregii clădiri şi compararea cu valoarea normată stabilită în scopul micşorării consumului de energie pentru încălzirea clădirii în perioada exploatării.

Anvelopa separă volumul încălzit al clădirii de: aerul exterior, sol, încăperi neîncălzite (sau puţin încălzite), spaţii cu alte funcţiuni, alte clădiri.

Coeficientul global de izolare termică se determină cu relaţia:

$$G = \frac{\sum_{j=1}^{n} L_j \cdot \tau_j}{V} + 0{,}34 \cdot n \quad (W/m^3K) \quad (9.37)$$

în care:

L coeficient de cuplaj termic; se determină cu relaţia:

$$L = \frac{A}{R'_m} \quad (W/K) \quad (9.38)$$

⊠ - factorul de corecţie al temperaturilor exterioare; se determină cu relaţia:

$$\tau = \frac{T_i - T_u}{T_i - T_e} \quad (9.39)$$

în care:

T_i, T_e temperatura interioară şi exterioară de calcul (°C);

T_u temperatura în spaţiile neîncălzite din exteriorul anvelopei determinată pe baza unui calcul al bilanţului termic (°C);

Valorile lui ⊠ se pot considera (în faza preliminară de proiectare): 0,9 - rosturi deschise, poduri; 0,5 - rosturi închise, subsoluri neîncălzite; 0,8 - tâmplărie exterioară, balcoane, logii închise.

V volumul interior, încălzit, al clădirii (m^3);

0,34+n pierderile de căldură aferente unor condiţii normale de reîmprospătare a aerului interior şi cele corespunzătoare infiltraţiilor aerului exterior prin rosturile tâmplăriei exterioare;

0,34 valoarea produsului între capacitatea calorică masică şi densitatea aparentă a aerului (c_a,¬±$_a$=1000+1,23 = 1230/3600 = 0,34 Wh/m^3K);

n viteza de ventilare naturală a clădirii (număr de schimburi de aer pe oră);

Valorile lui n se consideră, funcţie de categoria de clădiri (individuale, cu mai multe apartamente), clasa de adăpostire (neadăpostite, moderat adăpostite, adăpostite) şi clasa de permeabilitate (ridicată, medie, scăzută) funcţie de etanşarea tâmplăriei exterioare.

Schimburile normale de aer se realizează prin neetanşeităţile tâmplăriei, deschiderea uşilor şi ferestrelor exterioare, sisteme speciale de ventilare naturală. Pierderile suplimentare de căldură se realizează datorită pătrunderii aerului exterior prin

rosturile neetanşe ale tâmplăriei exterioare (între partea mobilă şi fixă). Aceste pierderi de căldură sunt influenţate de: vânt, curenţi de aer interiori şi exteriori ce se produc prin ferestrele amplasate pe ambele faţade ale clădirii.

A aria elementului de construcţie cu rezistenţă termică specifică corectată medie (m^2).

Aria anvelopei clădirii se consideră suma ariilor elementelor de construcţii perimetrale ale clădirii prin care au loc pierderile de căldură.

Aceste suprafeţe sunt: partea opacă a pereţilor exteriori, partea adiacentă a rosturilor ferestrelor şi uşilor exterioare, pereţii vitraţi şi luminatoarele, planşeu-terasă sau pod, planşeu peste subsol, plăci şi pereţi în contact cu solul, planşee peste ganguri de trecere, pereţi şi planşee ce separă spaţii neîncălzite.

Ariile anvelopei se determină astfel: aria pereţilor exteriori considerând dimensiunile interioare în plan, iar pe verticală dimensiunea între pardoseala parterului şi tavanul ultimului etaj; aria tâmplăriei exterioare are la bază dimensiunile nominale ale golurilor din pereţi; la ariile planşeelor terasă sau subsol se consideră dimensiunile interioare, în cazul suprafeţelor înclinate se va lua aria reală. În calcul se ignoră pereţii interiori şi planşeele intermediare.

R'_m - rezistenţa termică specifică corectată, medie, pe întreaga clădire, a unui element de construcţie din anvelopă (m^2K/W).

Rezistenţa termică specifică medie se determină cu relaţia:

$$R'_m = \frac{\sum_{j=1}^{n} A_j}{\sum_{j=1}^{n} A_j \cdot U'_j.} \qquad (m^2K/W) \quad (9.40)$$

în care:

U'_j - coeficient de transfer termic corectat corespunzător suprafeţei A_j.

Pentru determinarea rezistenţei termice corectate, medii pe ansamblul clădirii ale elementelor de construcţii ce alcătuiesc anvelopa, se va lua în considerare influenţa tuturor punţilor termice.

Principalele punţi termice ale anvelopei sunt: elementele de rezistenţă de la pereţi: stâlpi, grinzi, plăci-balcoane, buiandrugi, conturul tâmplăriei; la planşee-terasă şi poduri: atice, streaşini, cornişe, coşuri; la planşee peste subsol: pereţi structurali, racordarea cu soclu; plăcile în contact cu solul unde termoizolaţia este întreruptă.

Influenţa punţilor termice se poate evalua printr-un calcul simplificat (în faza preliminară de proiectare) reducând global rezistenţele termice astfel: la pereţii exteriori 20-45%; planşee-terasă 15-25%; planşee peste subsoluri 25-35%; rosturi 10-20%. Mărirea gradului de confort termic şi reducerea consumului de energie în exploatare va conduce la $R'_m > R'_{min}$.. Rezistenţele termice minime R'_{min} (m^2K/W) ale elementelor componente ale anvelopei sunt: pereţi exteriori -1,40;

tâmplărie exterioară - 0,50; planşeu-terasă (pod) 3,00; planşeu peste subsol - 1,65; plăci peste sol - 4,50; perete adiacent rosturilor - 1,1.

Coeficientul global normat de izolare termică (GN) se determină funcţie de numărul de niveluri şi raportul între aria anvelopei şi volumul clădirii. Valorile acestui coeficient variază între 0,41...0,95 W/m^3K. Nivelul de izolare termică globală a clădiri se realizează dacă:

$$G \leq GN \qquad (9.41)$$

Factorii geometrici ce influenţează izolarea termică a clădirii sunt: raportul între perimetrul clădirii şi aria în plan limitată de acest perimetru; raportul între suprafaţa tâmplăriei exterioare şi aria totală a pereţilor exteriori; retragerile gabaritice şi variaţiile în plan ale suprafeţei clădirii de la nivel la nivel.

9.II. COMBATEREA UMEZIRII DIN CONDENS

9.II.1. GENERALITĂŢI

Difuzia vaporilor de apă în clădiri.

Studiul comportării elementelor de construcţii la difuzia şi migraţia vaporilor de apă, prezintă importanţă în legătură cu confortul higrotermic şi durabilitatea clădirilor.

Caracteristicile termofizice ale materialelor (conductivitatea termică, capacitatea calorică masică, masa specifică) se modifică sub influenţa umidităţii. Gradul de izolare termică se micşorează la creşterea umidităţii. Variaţia umidităţii materialelor de construcţii conduce la o scădere a rezistenţelor mecanice.

Acţiunea de îngheţ-dezgheţ asupra umidităţii din elementele de construcţii produce degradări, care afectează durabilitatea construcţiilor.

Creşterea umidităţii peste anumite limite, creează condiţii favorabile pentru instalarea unor afecţiuni cronice în organismul uman şi permite dezvoltarea ciupercilor şi mucegaiului la elementele de construcţii.

Regimul de umiditate în construcţii este legat de regimul termic. Cerinţele de confort higrotermic impun un anumit raport între umiditatea şi temperatura aerului interior ($T_i = 20^0C$, = 65%).

Studiul transferului de masă (difuzia vaporilor de apă) a cunoscut o dezvoltare odată cu utilizarea structurii învelişurilor exterioare în straturi (panouri mari, acoperişuri terasă) realizate din materiale cu eficienţă diferită la transferul de masă (vaporii de apă).

Surse de umezire a elementelor de construcţii din clădiri sunt:

- umiditatea din construcţii, introdusă în timpul punerii în operă datorită proceselor tehnologice umede şi a execuţiei pe timp umed sau friguros;
- umiditatea din teren cauzată de: apa din pământ ce se ridică prin capilaritate sau acţionează cu presiune hidrostatică şi apa provenită din posibilele defecţiuni ale conductelor;
- infiltrări din precipitaţii atmosferice (ploaie, topirea zăpezii);

- umezirea determinată de apa provenită din procesele umede din spălătorii, băi sau din procese tehnologice de producţie;
- umiditatea care intervine din procesele de respiraţie şi evaporare a vaporilor de apă de la suprafaţa pielii;
- umiditatea higroscopică a elementelor de construcţii este influenţată de: umiditatea aerului (interior, exterior) şi structura fizică a materialului.

Fenomenul de condens

Condensul se manifestă în clădiri sub formă de depuneri de rouă pe suprafeţele interioare ale punţilor termice, ale colţurilor sau acumulare de apă în interiorul elementelor învelişului exterior (la care se adaugă condensul pe ţevi sau rezervoare cu apă rece).

Cauzele fenomenului de condens sunt: elemente de construcţii concepute şi executate deficitar din punct de vedere higrotermic (punţi termice); utilizarea materialelor umede; întreruperi ale termoizolaţiilor; umiditate mare în încăperi datorită degajărilor de vapori din exploatare (băi, bucătării), ventilare necorespunzătoare (datorită realizării unui scut termic prin izolarea termică suplimentară); umiditatea biologică mare (număr mare de persoane în încăperi); umiditate iniţială de construcţii ridicată (datorită execuţiei realizată iarna) încălzire limitată a încăperilor, permeabilitate scăzută şi respiraţie deficitară la vapori de apă a materialelor componente ale anvelopei (fig. 9.II.4).

Fenomenul de condens este consecinţa suprapunerii mai multor cauze enumerate mai sus. Apariţia condensului nu întrerupe exploatarea clădirii dar o afectează negativ pe termen lung.

Fenomenul de condens este condiţionat de doi factori: cantitatea de vapori din aer şi temperatura punctului considerat. Parametrii care influenţează cantitatea de vapori din aer şi temperatura sunt variabile aleatoare. Caracteristicile ce influenţează condensul: temperatura şi umiditatea aerului exterior ce depind de zona geografică şi de particularităţile climatice locale; caracteristicile higrotermice ale clădirilor ce sunt stabilite funcţie de destinaţia lor, iar condiţiile de exploatare sunt funcţie de regimul de încălzire asigurat în încăperi.

Caracteristicile umidităţii aerului

Umiditatea aerului este determinată de conţinutul de vapori de apă şi este caracterizată prin următorii parametri:

- umiditatea absolută a aerului la o anumită temperatură:

$$u_a = \frac{m_v}{V} \text{ (g/m}^3\text{)} \qquad (9.42)$$

în care: m_v- masa vaporilor de apă (g);

V volumul aerului umed (m^3);

- umiditatea absolută de saturaţie a aerului este conţinutul maxim de vapori, la o temperatură dată:

$$u_s = \max,\ u_a \text{ (g/m}^3\text{)} \qquad (9.43)$$

Valorile u_s variază direct proporţional cu temperatura aerului.

umiditatea relativă a aerului la o temperatură dată:

Condensarea vaporilor de apă în elemente de anvelopă în trei straturi funcţie de poziţia barierei de vapori

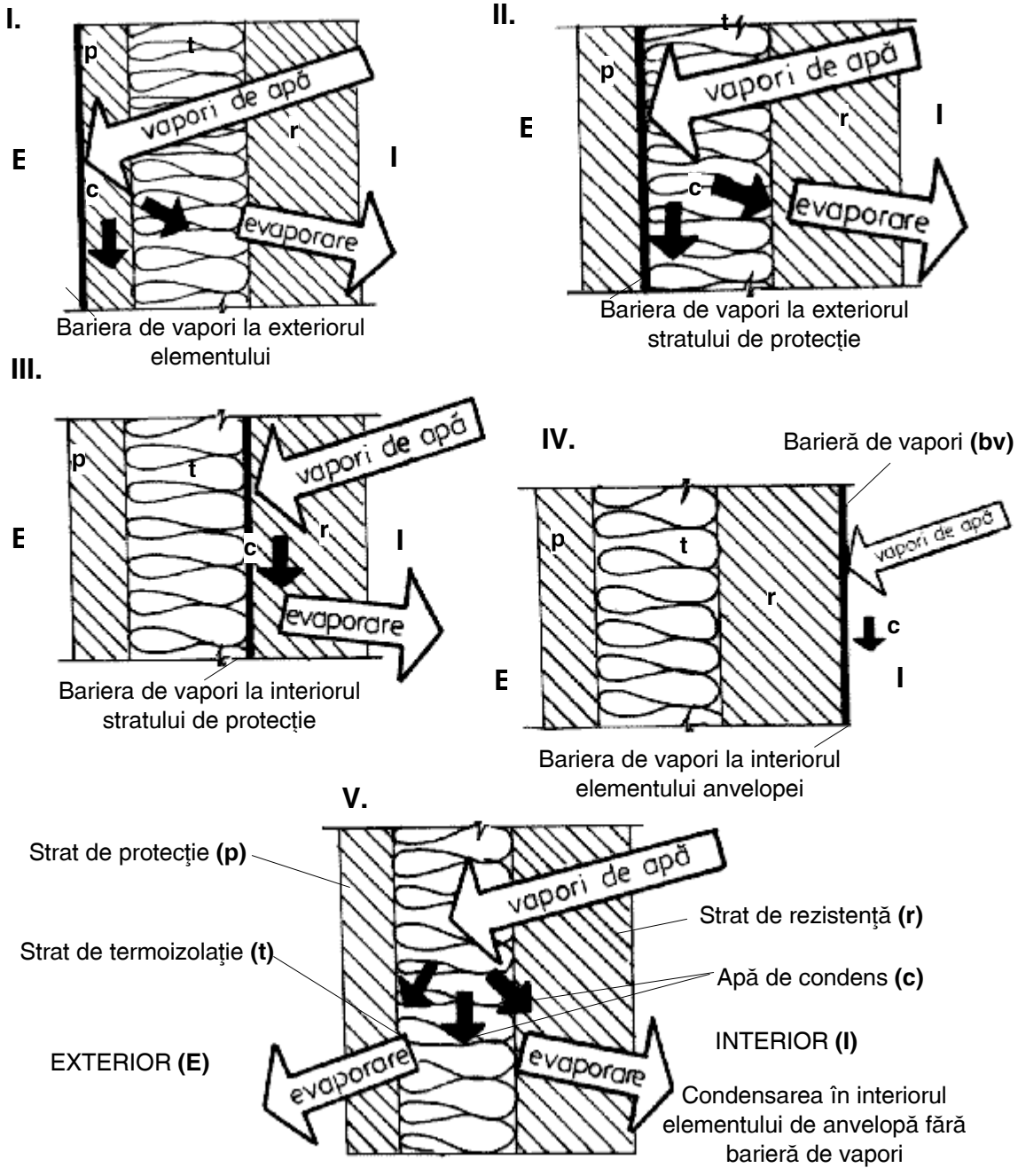


Fig. 9.II.4 Modurile de condensare a vaporilor de apă în interiorul (I, II, III) sau la faţa interioară (IV) a elementelor de anvelopă, în trei straturi, funcţie de poziţia barierei de vapori . Elementele fără barieră de vapori (V)

$$\varphi_{i,e} = \frac{u_a}{u_s} \cdot 100\ (\%) \qquad (9.44)$$

în care:

$_i$ umiditatea aerului interior(%);

$_e$- umiditatea aerului exterior(%);

- presiunea parţială a vaporilor de apă corespunde umidităţii absolute:

$$p = \frac{T_a}{289} \cdot u_a\ (\text{mmHg})\ \ (\text{N/m}^2)\ (\text{Pa}) \qquad (9.45)$$

în care:

T_a temperatura absolută a aerului (K);

u_a umiditatea absolută (g/m^3).

Presiunea atmosferică a aerului este determinată de presiunea parţială a aerului uscat şi de presiunea parţială a vaporilor de apă.

- presiunea de saturaţie a aerului, corespunde umidităţii absolute de saturaţie şi depinde de temperatura aerului.

Umiditatea relativă a aerului:

$$\varphi = \frac{u_a}{u_s} \cdot 100 = \frac{p_v}{p_s} \cdot 100\ (\%) \qquad (9.46)$$

De unde rezultă:

$$p_v = \frac{\varphi \cdot p_s}{100}\ (\text{N/m}^2) \qquad (9.47)$$

în care:

u_a umiditatea absolută a aerului (g/m^3);

u_s umiditatea absolută de saturaţie a aerului (g/m^3);

p_s presiunea de saturaţie a aerului (N/m^2);

p_v presiunea parţială a aerului care poate fi a aerului interior sau exterior

$$p_{v_i} = \frac{\varphi_i \cdot p_{s_i}}{100} \quad (\text{N/m}^2)$$

sau (9.48)

$$p_{v_e} = \frac{\varphi_e \cdot p_{s_e}}{100}\ (\text{N/m}^2)$$

Umiditatea materialului de construcţie este raportarea cantităţii de apă la masă sau volum.

Umiditatea masică a materialului:

$$w_m = \frac{m_a}{m_0} \cdot 100\ (\%) \qquad (9.49)$$

în care:

m_a masa de apă (kg);

m_0 masa materialului în stare uscată (kg);

Umiditatea volumetrică a materialului:

$$w_v = \frac{v_a}{v_m} \cdot 100\ (\%) \qquad (9.50)$$

în care:

v_a volumul de apă din material (m^3);

v_m volumul materialului (m^3).

Rezistenţa la permeabilitate la vapori a elementelor de construcţie este inversul permeabilităţii şi se exprimă prin:

$$R_v = \frac{d}{\mu} \quad (\text{m/s}) \qquad (9.51)$$

în care:

d grosimea elementului (m);

μ - coeficient de permeabilitate la vapori (s).

Coeficientul de permeabilitate la vapori (μ) reprezintă cantitatea de vapori de apă (grame) care traversează printr-un cub de material cu latura de un metru, după direcţia normală la una din feţe, în timp de o oră şi pentru o diferenţă de presiune parţială a vaporilor de apă

între feţele opuse de 1 mmHg. Coeficientul ■ de la transferul de masă este similar cu coeficientul de conductivitate termică 9 de la transferul de căldură. Valoarea coeficientului de permeabilitate la vapori ■ depinde de structura fizică a materialului şi temperatura de stare a mediului. Coeficientul ■ are valori cuprinse între 0,003 - 0,065 s.

Rezistenţa la permeabilitate la trecerea vaporilor de apă la un element de construcţie, dintr-un material omogen, este caracterizată de relaţia:

$$R_{ov} = R_{v_i} + R_v + R_{v_e} \qquad (9.52)$$

în care:

R_{vi} rezistenţa la trecerea vaporilor de apă de la aerul interior la suprafaţa interioară a elementului de construcţie (R_{vi} = 0,2 m/s);

R_{ve} rezistenţa la trecerea vaporilor de apă de la suprafaţa exterioară la aerul exterior (R_{ve}= 0,1 m/s);

R_v rezistenţa la permeabilitate la vapori a unui element de construcţie omogen, se determină cu relaţia: R_v=d/■ (m/s).

În cazul elementelor de construcţie din anvelopă, alcătuite din straturi paralele între ele şi perpendiculare pe direcţia fluxului de vapori, rezistenţa la permeabilitate la vapori este dată de relaţia:

$$R_v = R_{v1} + R_{v2} + ...R_{vn} = \sum_{j=1}^{n} \frac{d_j}{\mu_j} \text{ (m/s)} \quad (9.53)$$

în care:

$d_1, d_2, ... d_n$ grosimea straturilor (m);

■$_1$,■$_2$,...■$_n$ coeficienţi la permeabilitate la vapori (s).

Rezistenţa la permeabilitate la vaporii de apă a unui element de construcţie în straturi se determină cu relaţia:

$$R_v = \sum_{1}^{n} d_j \cdot \frac{1}{K_{Dj}} \cdot M_j \text{ (m/s)} \qquad (9.54)$$

în care:

d_j grosimea stratului j (m)

$\frac{1}{K_{Dj}}$ - factorul rezistenţei la permeabilitate la apă a stratului j (are semnificaţia lui 1/■) (1/s);

M_j coeficient în funcţie de temperatura medie a stratului de material.

Factorul $1/K_{Dj}$ este caracteristica unui material ce arată de câte ori un strat de grosime d este mai rezistent la transferul vaporilor decât un strat de aer la aceeaşi grosime şi temperaură.

Datorită valorilor mici ale rezistenţelor la permeabilitate la vapori R_{vi} şi R_{ve} în comparaţie cu R_v se neglijează în calcul.

Relaţia devine:

$$R_{0v} = R_v \qquad (9.55)$$

Valoarea presiunii parţiale a vaporilor de apă pe grosimea elementului de construcţie, din condiţia regimului de umiditate staţionar (presiunile sunt constante) se determină cu relaţia:

$$p_x = p_i - \frac{R_{vx}}{R_v}(p_i - p_e) \text{ (Pa)} \qquad (9.56)$$

în care:

p_x presiunea parţială a vaporilor

într-o secţiune x de la faţa interioară a elementului de construcţii (Pa);

p_i,p_e presiunile parţiale ale vaporilor aerului interior şi exterior; se determină cu relaţia (9.48) (Pa);

R_{vx} rezistenţa la permeabilitate la vaporii de apă a elementului de construcţie pe porţiunea de la faţa interioară până la secţiunea x (m/s);

R_v rezistenţa la permeabilitate la vaporii de apă totală a elementului de construcţie.

Variaţia presiunii de saturaţie (p_{sk}) a vaporilor de apă se determină funcţie de valorile corespunzătoare ale temperaturii (T_k) straturilor din interiorul elementului de construcţie.

9.II.2. CALCULUL LA CONDENS AL VAPORILOR DE APĂ

Acest calcul se realizează pe suprafaţa interioară (A) şi/sau în masa elementului de construcţie (B).

A. Condensul pe suprafaţa interioară a elementului de construcţie poate fi evitat dacă este satisfăcută inegalitatea:

$$T_{si} > \theta_r \ (^0C) \qquad (9.57)$$

în care:

T_{si} temperatura suprafeţei interioare a elementului de construcţie exterior (^{0}C);

$_r$ temperatura de rouă la care presiunea parţială a vaporilor este egală cu presiunea de saturaţie fiind funcţie de temperatura şi umiditatea aerului interior (^{0}C).

Condensul pe suprafaţa interioară a elementelor de construcţie se datorează majorării presiunii parţiale a vaporilor pe suprafaţa interioară cu tendinţa de egalare a valorii presiunii de saturaţie a aerului interior. Aceasta se datorează scăderii temperaturii suprafeţei interioare cauzate de micşorarea temperaturii aerului exterior.

Temperatura pe faţa interioară a elementului de construcţie se determină cu relaţia:

$$T_{si} = T_i - \frac{R_i}{R_0}(T_i - T_e) \ (^0C) \qquad (9.58)$$

în care:

T_i temperatura aerului interior (^{0}C);

R_i rezistenţa la transfer termic prin suprafaţa interioară (W/m^2,K);

R_0 -rezistenţa la transfer termic a elementului de construcţie (W/m^2,K);

T_e temperatura convenţională a aerului exterior (^{0}C).

Se poate considera drept criteriu de performanţă temperatura limită a aerului interior sub care nu trebuie să coboare temperatura încăperii, pentru a evita fenomenul de condens pe suprafaţa interioară.

Condensul de suprafaţă se produce în zonele cu punţi termice, neventilate, dar şi în condiţiile creşterii presiunii parţiale a vaporilor ce are tendinţa de egalare a presiunii de saturaţie (băi, spălătorii).

Micşorarea riscului de condens pe suprafaţa elementelor de construcţie se realizează prin: mărirea rezistenţei termice a elementelor anvelopei, ventilarea aerului în vecinătatea

suprafeţelor interioare şi amplasarea judicioasă a sistemelor de încălzire.

B. Condensul vaporilor de apă în masa elementului de construcţie va apare în zonele unde vaporii întâlnesc straturi cu temperatura mai mică decât cea a punctului de rouă. Scăderea temperaturii în grosimea elementului va conduce la o micşorare a presiunii de saturaţie. În zonele unde presiunea parţială a vaporilor va fi mai mare ca presiunea de saturaţie, vaporii vor condensa (fig. 9.II.5).

Calculul la condens, în regim staţionar, presupune determinarea: curbei temperaturilor (a); curba presiunilor parţiale (b); curba presiunilor de saturaţie (c).

Etapele de calcul la condens în masa elementului de construcţie sunt:

a.Variaţia temperaturilor pe grosimea elementului ce este funcţie de rezistenţa termică a straturilor şi se determină cu relaţia:

$$T_k = T_i - \frac{T_i - T_e}{R_o}\sum_{j=1}^{k} R_j \ (^oC) \qquad (9.59)$$

în care:

$\sum_{j=1}^{k} R_j$ - suma rezistenţelor la permeabilitate termică a straturilor componente, între suprafaţa interioară şi suprafaţa k.

b.Valorile presiunilor parţiale ale vaporilor din aerul interior şi exterior se determină cu relaţiile:

$$p_i = \frac{\varphi_i \cdot p_{si}}{100} \text{(Pa)},\ p_e = \frac{\varphi_e \cdot p_{se}}{100} \text{ (Pa)} \qquad (9.60)$$

în care:

$_i$, $_e$ umiditatea relativă interioară şi exterioară (%);

p_{si}, p_{se} - presiunea de saturaţie a aerului interior şi exterior (Pa).

Variaţia presiunilor parţiale ale vaporilor de apă pe grosimea elementului de construcţie se determină cu relaţia 9.60.

c. Variaţia presiunilor de saturaţie(p_s) se determină funcţie de variaţia temperaturilor.

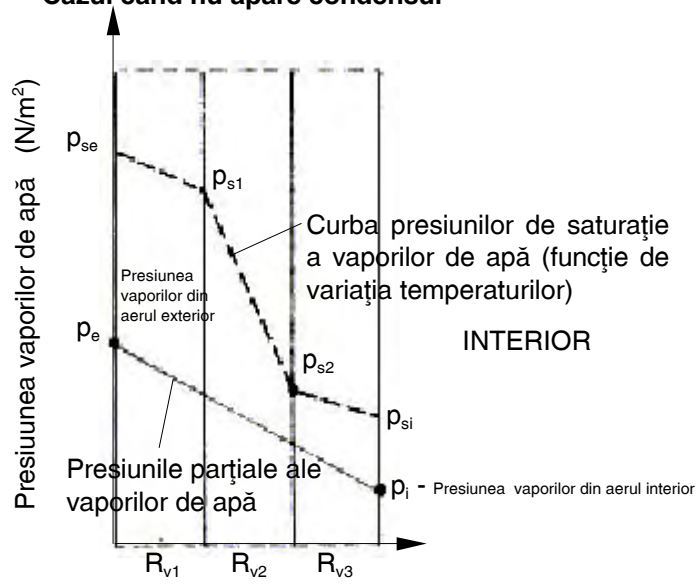
Reprezentarea grafo-analitică a variaţiei temperaturilor (a) se realizează la scara grosimilor elementului iar cea a variaţiei presiunilor parţiale (b) şi a presiunilor de saturaţie (c) la scara rezistenţelor la permeabilitate a vaporilor.

Se poate stabili posibilitatea apariţiei condensului în interiorul elementului de construcţie, dacă curba presiunilor parţiale este tangentă la curba presiunilor de saturaţie (suprafaţa de condens) sau dacă o intersectează în două puncte (zona de condens în grosimea elementului). fig. 9.II.5-II.

d.În situaţia apariţiei condensului în grosimea învelişului exterior al clădirii, apare necesară determinarea temperaturi aerului exterior T_{ec} de la care apare condensul.

Fenomenul de condens la anvelopa clădirii

I. **Cazul când nu apare condensul**



EXTERIOR

INTERIOR

Când curba presiunilor parţiale nu intersectează curba presiunilor de saturaţie a vaporilor, nu va apărea condens în elementul anvelopei.

II. **Cazul condensării în interiorul elementului anvelopei**

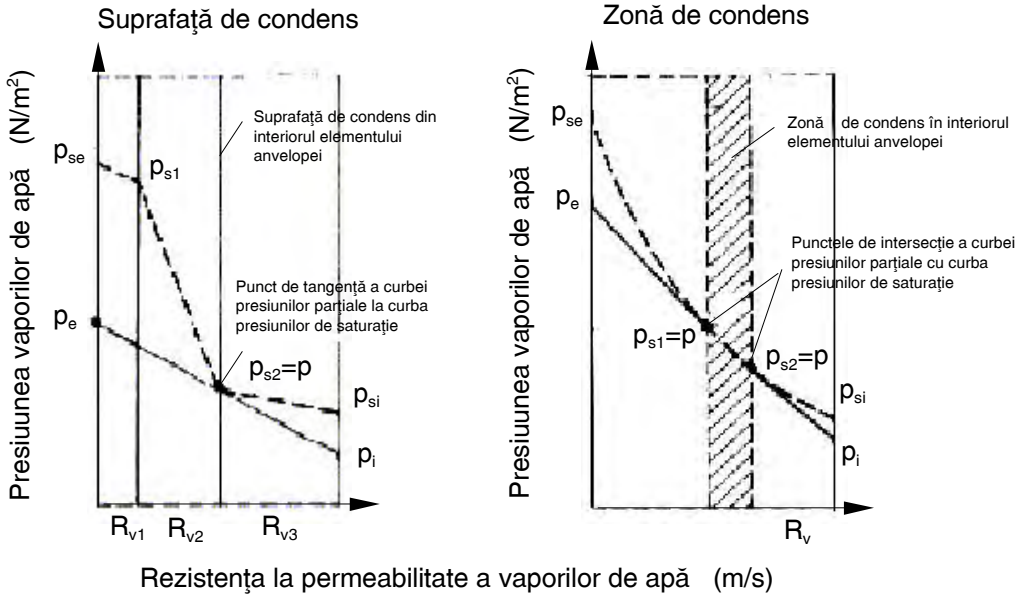


Fig. 9.II.5 Condens în interiorul elementului anvelopei. Reprezentare grafo-analitică a cazului de neapariţie (I) şi apariţie a condensului (II)

Calculul se realizează prin încercări, adoptând pentru temperatura exterioară T_e, valori succesive din ce în ce mai mici, până când curba presiunilor parţiale devine tangentă la curba presiunilor de saturaţie.

e. În funcţie de temperatura aerului exterior de la care apare condensul (T_{ec}), din standard se extrag valorile temperaturii exterioare medii (T_{es}) pe durata în care se produce condensul (Nw).

Se construiesc curbele de temperatură (T), presiunii parţiale (p) şi de saturaţie (p_s) pentru T_e=T_{es}. Presiunile de saturaţie (conform tabelului din standard) se corectează cu relaţia:

$$p_{skm} = p_{sk} + r \cdot \left(\frac{\sum_{1}^{k} R_j}{R_0} \right)^2 \text{ (Pa)} \qquad (9.61)$$

în care:

p_{skm} valoarea medie anuală a presiunii de saturaţie (Pa);

p_{sk} presiunea de saturaţie a vaporilor funcţie de temperatură (Pa);

r factor de corecţie;

R_j rezistenţa la permeabilitate termică a stratului j (m^2,°C/w);

R_0 rezistenţa de transfer termic a elementului de construcţie (m^2,°C/w).

La valorile T_{es} pozitive, factorul de corecţie r=39, iar pentru valori negative r=0.

Din punctele extreme p_i, p_e se duc tangente la curba presiunilor de saturaţie, punctele de tangentă (p_{s_1}, p_{s_2}) delimitează zona de condens iar în cazul unei suprafeţe de condens se confundă ($p_{s_1} = p_{s_2}$).

f. Determinarea cantităţii de apă provenită din condensarea vaporilor în interiorul elementului de anvelopă se realizează cu relaţia:

$$m_w = 3600 \cdot \left(\frac{p_i - p_{s_1}}{R'_v} - \frac{p_{s_2} - p_e}{R''_v} \right) \cdot Nw \text{ (Kg/m}^2\text{)} \qquad (9.62)$$

în care:

p_i, p_e- presiunea parţială a vaporilor de apă din aerul interior şi exterior (Pa);

p_{s_1}, p_{s_2} - presiunile parţiale ale vaporilor de apă (egale cu presiunile de saturaţie) pe faţa caldă respectiv pe faţa rece a zonei de condens (Pa);

R'_v, R''_v - rezistenţele la permabilitate la vapori a părţii elementului de construcţie dintre suprafaţa interioară şi începutul zonei de condens; respectiv între sfârşitul zonei de condens şi suprafaţa exterioară(m/s);

Nw durata de condensare, funcţie de zonele climatice ale României (h).

g. Pentru o funcţionare higrotermică corespunzătoare a elementelor din învelişul exterior al clădirilor, cantitatea de vapori m_w, care condensează în perioada rece a anului (Nw), trebuie să fie mai mică decât cantitatea de vapori ce s-ar elimina prin evaporare în perioada caldă a anului.

Creşterea umidităţii în interiorul elementului de construcţie la sfârşitul perioadei de condensare, ▣w,nu trebuie să depăşească valoarea maximă admisă:

$$\Delta w = \frac{100 \cdot m_w}{\rho \cdot d_w} \leq \Delta w_{adm} \quad (\%) \quad (9.63)$$

în care:

m_w cantitatea de apă provenită din condensarea vaporilor în perioada rece a anului;

ρ - densitatea aparentă a materialului care s-a umezit prin condensarea vaporilor de apă (Kg/m^3);

d_w grosimea zonei de condens(m);

Δw_{adm} valoarea maximă admisibilă a creşterii umidităţii masice în perioada de condensare, funcţie de natura şi caracteristicele higrotermice ale materialelor din zona de condens (%).

h. Calculul la condens presupune şi verificarea lipsei acumulării progresive de apă în interiorul elementelor de construcţie.

Pentru realizarea acestei verificări se va adopta pentru temperatura exterioară o valoare medie anuală, funcţie de zona geografică(T_{em}=+10,5°C zona I; T_{em}=+9,5°C zona II; T_{em}=7,5°C zona III).

Funcţie de valorile temperaturilor astfel calculate, se determină presiunile de saturaţie (conform tabelului din standard) şi se corectează cu relaţia 9.61 în care factorul r are valorile: 177 zona I; 162 zona II; 142 zona III.

Dacă linia presiunilor parţiale nu intersectează curba presiunilor de saturaţie, nu există posibilitatea de acumulare progresivă de apă de la an la an, caz în care verificarea cu relaţia 9.63 nu mai este necesară.

Protecţia împotriva umezirii din condens se poate realiza prin măsuri privind proiectarea, execuţia şi exploatarea elementelor din anvelopa clădirilor limitând punţile termice sau prin utilizarea elementelor de construcţie cu strat ventilat.

Ventilarea naturală organizată (cu valoarea minimă impusă de condiţiile de igienă) ce se realizează în clădiri prin canale verticale de ventilaţie racordate la băi, hote în bucătării, prin tâmplăria exterioară neetanşă şi în special ventilaţia mecanică, va micşora cantitatea de vapori ce condensează.

Limitarea ventilării naturale în perioade cu vânt intens se va realiza prin grile semireglabile.

În procesul de execuţie a clădirilor, în vederea micşorării riscului de condens, se va evita utilizarea materialelor termoizolatoare poroase (sau granulare) umede şi înfundarea canalelor de ventilare în mod accidental.

În perioada de exploatare a clădirilor (în primul an mai accentuat datorită umidităţii iniţiale ridicate), pentru prevenirea condensului, este necesar intensificarea încălzirii, a ventilării (naturale sau mecanice) şi limitarea surselor de vapori.

În acest sens apare necesar popularizarea cauzelor şi căilor de combatere a condensului pentru utilizatorii clădirilor.

Capitolul

10

IZOLAREA ACUSTICĂ A CLĂDIRILOR

10.1. GENERALITĂŢI

Problemele de acustică privind clădirile au ca obiect studierea izolării fonice contra nocivităţii zgomotului, dar şi asigurarea unor audiţii corespunzătoare în sălile de spectacole, conferinţe.

Protecţia faţă de zgomote se poate realiza prin reducerea intensităţii zgomotelor la sursă sau până la clădire, dar şi prin atenuarea zgomotelor la trecerea prin elementele de construcţie. În acest capitol vom trata problemele de izolare acustică la zgomot aerian şi de impact.

Confortul acustic, una din exigenţele importante pe care trebuie să le îndeplinească clădirile, este necesar să fie realizat având în vedere creşterea surselor de zgomot în clădiri, pe străzi, în industrie şi la traficul aerian. Efectul nociv al zgomotului asupra sistemului neurovegetativ uman este concretizat prin insomnii, nevroze.

Preocuparea actuală de utilizare a elementelor de construcţie din materiale uşoare impune adaptarea unor măsuri suplimentare de izolare acustică.

Zgomotul poate fi caracterizat din punct de vedere fiziologic şi fizic.

Fiziologic, zgomotele sunt sunete nedorite, neplăcute, iar fizic reprezintă o suprapunere dezordonată a diferitelor sunete.

Inconfortul produs de zgomot depinde de caracteristici ca: intensitate, frecvenţă, durată dar şi de reacţia noastră faţă de acest sunet nedorit. Zgomotul poate incomoda

datorită intensităţii ridicate (decolarea unui avion, trăsnet) dar şi prin intensităţi scăzute, ca de exemplu căderea picăturilor de ploaie pe suprafeţele cu tablă, scârţâitul parchetului, scurgerea apei printr-un robinet neetanş.

Efectele zgomotului

Zgomotul produce perturbări asupra sistemului nervos al omului.

Aspectele nocive ale zgomotului cu intensitate mai mare de 130 dB, pragul senzaţiei dureroase, poate produce un traumatism sonor, care se manifestă sub forma unei senzaţii de ameţeală, dureri în urechi ce pot produce chiar ruperea timpanului (fig. 10.1.I.).

Zgomotul de intensitate ridicată cuprins între 65 şi 120 dB, afectează activitatea productivă intelectuală sau cea fizică şi conduce la o scădere temporară a performanţei.

Zgomotul produce perturbări asupra sistemului nervos uman, declanşând o oboseală auditivă.

Se menţionează că acuitatea auditivă poate reveni la valoarea anterioară dacă expunerea la zgomot încetează. Acţiunea nocivă asupra sistemului nervos depinde de starea psihoafectivă a persoanelor supuse agresiunii sonore, constatându-se stări nervoase, hiperexcitabilitate, tahicardie, tulburări ale somnului.

Zgomotul cu intensitatea cuprinsă între 30 şi 60 dB are un efect psihic asupra omului.

Datorită reacţiilor diferite ale oamenilor faţă de zgomot, sunetul trebuie analizat ca fenomen fizic şi fiziologic.

Sunetul ca fenomen fizic

Sunetul obiectiv este produs de vibraţia corpurilor solide şi transmise aerului înconjurător sub forme de unde, compresiuni şi destinderi succesive.

Propagarea prin unde sonore, a mişcărilor oscilatorii, din aproape în aproape, în mediile elastice (aer, lichid, solid) se datorează forţelor elastice (unda este oscilaţia ce se propagă în timp şi spaţiu).

Caracterizarea fizică a undelor se realizează prin: viteza de propagare (c), lungimea de undă (9) şi densitatea de energie (w) (fig.10.2.I.).

Viteza de propagare (c) este distanţa parcursă de unda acustică într-un mediu elastic, în unitate de timp.

Viteza este o constantă a mediului prin care se propagă (aer-340 m/s; apă-1450 m/s; oţel-5000 m/s; cauciuc-50 m/s). Direcţia de propagare a undei coincide cu direcţia mişcării oscilatorii a particolelor mediului.

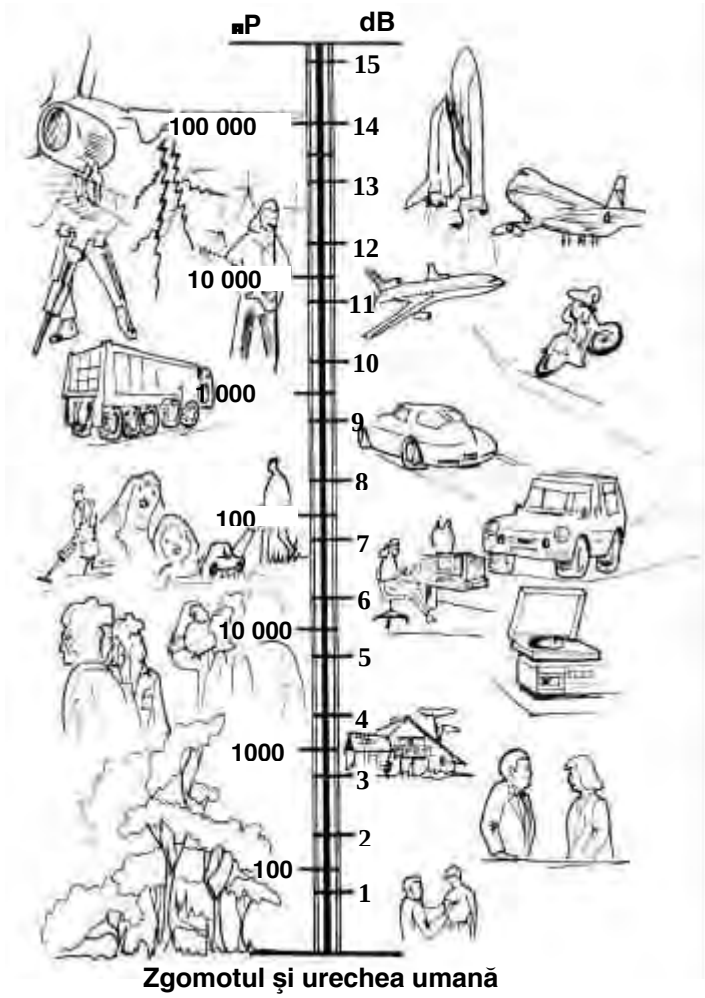
Viteza undei sonore este dată de relaţia:

$$c = f \cdot \lambda \quad (10.1)$$

în care:

Zgomotul. Fenomen fizic şi fiziologic

I. **Intensităţile surselor de zgomot**



II. **Zgomotul şi urechea umană**

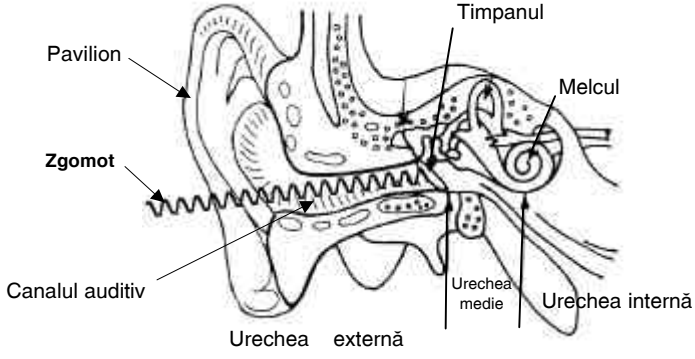


Fig. 10.1 I.Sursele şi intensităţile zgomotului. II. Schema urechii umane

f frecvenţa definită de numărul de vibraţii în unitate de timp (Hz) sau (1/s);

9 -lungimea de undă este distanţa între două puncte succesive în care au loc concomitent comprimări sau dilatări ale mediului elastic, care transmite unda acustică (m).

Materialele compacte (betonul, zidăria, pământul) propagă în condiţii bune sunetele.

Materialele poroase (vata, pâsla, ţesăturile) absorb în proporţie mare sunetele şi se utilizează pentru izolări acustice.

Densitatea de energie (w) este capacitatea de energie oscilantă conţinută în unitatea de volum a mediului perturbat.

Intensitatea acustică este raportul între fluxul de energie sonoră şi suprafaţa perpendiculară pe direcţia de propagare, exprimată prin relaţia:

$$I = \frac{\Phi}{A} = \frac{w}{A \cdot t} \quad (W/m^2) \qquad (10.2)$$

în care:

➤ - fluxul sonor, care este energia sonoră în unitate de timp ➤ = w/t (W);

w densitatea energiei acustice;

$$w = \frac{W}{V} \quad (J/m^3) \qquad (10.3)$$

W energia acustică (J);

V volumul mediului de propagare (m^3)

Măsurarea directă a valorii intensităţii acustice este dificilă, însă se poate măsura cu ajutorul presiunii acustice efective:

$$I = \frac{p^2}{\rho \cdot c} \quad (Pa/m^2) \qquad (10.4)$$

în care:

p presiunea acustică efectivă (Pa);

q densitatea mediului (kg/m^3);

c viteza sunetului prin mediul considerat (m/s).

Datorită intervalului mare în care se pot găsi valorile curente ale intensităţii acustice, s-a introdus noţiunea de nivel de intensitate.

Nivelul de intensitate sonoră este definirea unei intensităţi acustice în comparaţie cu o intensitate de referinţă şi se exprimă cu relaţia:

$$L_i = 10 \log \cdot \frac{I}{I_0} \quad (dB) \qquad (10.5)$$

în care:

I_0 10^{-12} W/m^2 reprezintă intensitatea minimă a unui sunet la frecvenţa de 1000 Hz, care poate fi perceput de urechea omenească (prag inferior de audibilitate).

Pragul superior al intensităţii auditive I_{max} = $1W/m^2$ este perceput ca o senzaţie dureroasă (fig.10.2.II.).

Nivelul de intensitate sonoră variază între cele două praguri L_{min}=0 şi L_{max}=120 dB.

Forma logaritmică a relaţiei nivelului de intensitate sonoră reflectă caracteristica de sensibilitate a organului auditiv al omului senzaţia este logaritmul stimulului .

Nivelul de presiune sonoră este mai des folosit în practică deoarece

presiunea acustică e mai uşor de măsurat cu aparatele şi se exprimă cu relaţia:

$$L_p = 10 \cdot \log \cdot \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \cdot \log \cdot \frac{p}{p_0} \text{ (dB)} \quad (10.6)$$

în care:

$p_0 = 2.10^{-5}$ N/m^2 presiunea acustică de referinţă corespunzătoare presiunii unui sunet cu frecvenţa de 1000 Hz la pragul inferior de audibilitate.

Sunetul ca fenomen fiziologic

Sunetul subiectiv este caracterizat prin senzaţia auditivă.

Undele elastice conduc la excitarea aparatului auditiv şi produc senzaţia auditivă (fig. 10.1.II.).

Sunetul fiziologic ce caracterizează senzaţia auditivă se produce pentru vibraţii având frecvenţa între 16 şi 20000 Hz.

Acest interval defineşte domeniul de audibilitate care este mărginit de pragul de audibilitate (limita inferioară) şi pragul senzaţiei dureroase (limita superioară) (fig. 10.2.II).

Convenţional ca limită inferioară se consideră sunetul cu frecvenţa de 1000 Hz şi presiunea sonoră de 2.10^{-5} N/m^2 iar limita superioară are presiunea acustică de 2.10 N/m^2 la aceeaşi frecvenţă.

Caracteristicile ce exprimă cantitativ senzaţia auditivă, tăria sunetului perceput de ureche este nivelul de intensitate a unui sunet:

$$L_a = 10 \log \frac{I_a}{I_a^0} = 20 \log \cdot \frac{p_a}{p_a^0} \quad (10.7)$$

în care:

I_a^0 şi p_a^0 - intensitatea şi presiunea auditivă de referinţă.

Nivelul de intensitate sonoră se poate exprima în foni şi/sau decibeli (dB), egalitatea între ele este numai la frecvenţa de 1000 Hz. În practică, se poate considera acceptabilă aproximaţia echivalenţei, în domeniu de frecvenţe audibile, între decibel şi fon.

Scala în decibeli are o bună aproximaţie a percepţiei umane a nivelului de intensitate sonoră. Un decibel reprezintă variaţia cea mai mică a presiunii acustice pe care o poate sesiza urechea umană. O mărire de 6 dB reprezintă o dublare a nivelului de presiune acustică. Punctul de plecare la această scală, ce defineşte valoarea 0 dB ce corespunde presiunii de 20 μPa (micropascali) iar valoarea maximă de un milion de μPa corespunde limitei de 120 dB (fig.10.1.I).

Transmiterea nivelului de intensitate a unui sunet la o anumită frecvenţă, din scara decibelilor în scara fonilor a nivelului de intensitate, corespunzător senzaţiei auditive se poate realiza prin utilizarea curbelor de egală tărie în foni.

Aprecierea comparativă a nivelelor intensităţii zgomotelor prezintă mai jos valori ce caracterizează nivelul de intensitate în diferite condiţii practice:

- foşnetul frunzelor 10 foni;
- stradă liniştită cu locuinţe 30 foni;
- birou de copiat acte cu maşini de dactilografiat 70 foni;
- discotecă 110 foni;

- decolare avion 120 foni;
- turboreactoare 170 foni.

Propagarea sunetelor

Unda acustică ce întâlneşte un obstacol suferă modificări ale direcţiei de propagare şi ale caracteristicilor energetice. O parte din energia undei acustice se reflectă, alta este absorbită de obstacol, iar restul se transmite (fig 10.2.III.). Bilanţul energetic în cazul obstacolelor de grosimi finite este dat de relaţia:

$$E_i=E_r+E_a+E_{tr} \qquad (10.8)$$

Se împarte relaţia cu E_i energia acustică incidentă:

$$1=\text{*}_r+\text{*}_a+\text{*}_{tr} \qquad (10.9)$$

Valoarea coeficientului de transmisie este neglijată (*_{tr}=0,001) datorită faptului că energia transmisă este considerată ca fiind absorbită de suprafaţa încăperii:

$$1=\text{*}_r+\text{*}_a \qquad (10.10)$$

Absorbţia acustică a elementelor de construcţie prezintă importanţă în cazul micşorării efectelor nocive ale zgomotului.

Coeficientul de absorbţie (*_a) se determină experimental în camera reverberantă pe probe până la 10 m^2, prin măsurători ale absorbţiei încăperii, cu şi fără material fonoabsorbant.

Materialele de construcţii compacte (cărămidă, beton, oţel, lemn), la care energia acustică reflectată este mare, coeficientul de aborbţie este *_a=0,02...0,08.

Materialele poroase având proprietatea de absorbţie a sunetului (pâslă, vată minerală, plută) au coeficientul de absorbţie acustică *_a=0,2...0,8. Acest coeficient depinde de frecvenţa undei sonore şi de proprietăţile de absorbţie ale materialului

Absorbţia acustică a unei încăperi se determină cu relaţia:

$$A=\sum \alpha_i \cdot S_i \qquad (10.11)$$

în care:

*_i coeficient de absorbţie al materialului sau al obiectului din încăpere;

S_i suprafaţa elementului alcătuit din materialul cu coeficientul de absorbţie *_i (m^2).

Modurile de transmitere a zgomotelor. Din exterior, zgomotele din traficul rutier şi zgomotele interioare ce pot proveni de la oameni, televizoare, radiouri, instalaţii se propagă prin conducţie aeriană (zgomote aeriene) sau prin conducţie solidă (zgomote structurale) (fig.10.2.IV.).

După modul de transmitere, zgomotele pot fi: propagate prin aer (zgomote aeriene), propagate prin şoc (zgomote de impact) şi produse de funcţionarea utilajelor şi instalaţiilor.

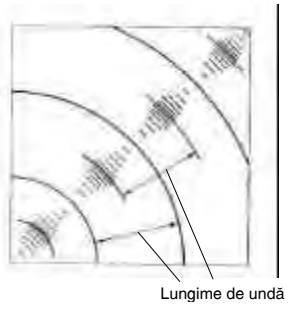
Măsurarea zgomotului şi analiza acestuia este o problemă importantă în elaborarea programelor de poluare sonoră şi permite ameliorarea calităţii vieţii (fig.10.3.II.).

Măsurarea zgomotului se realizează cu sonometrul, aparat portabil, care are un răspus faţă de semnalele acustice, de aceaşi formă ca şi urechea umană.

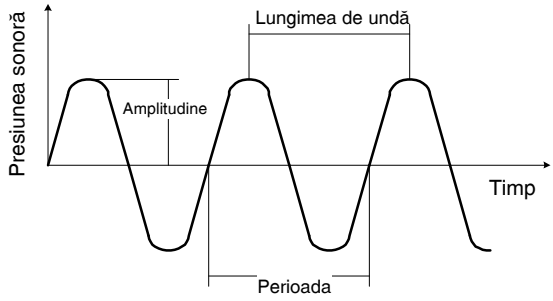
Semnalul sonor este convertit într-un semnal electric, cu ajutorul unui

Unda sonoră. Domeniul de audibilitate. Bilanţ energetic sonor
Atenuarea zgomotului cu distanţa

I. Propagarea sunetului

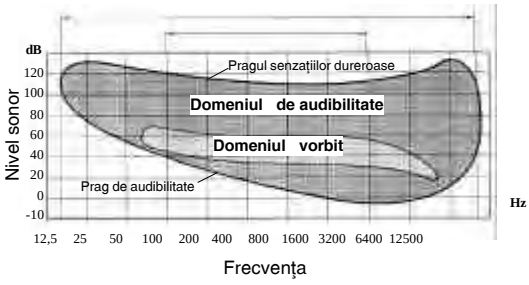


Caracteristicile undei sonore

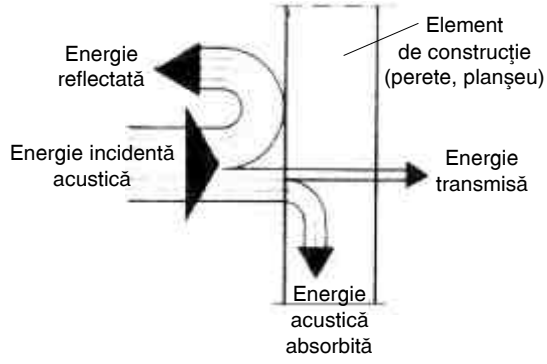


Frecvenţa sunetelor

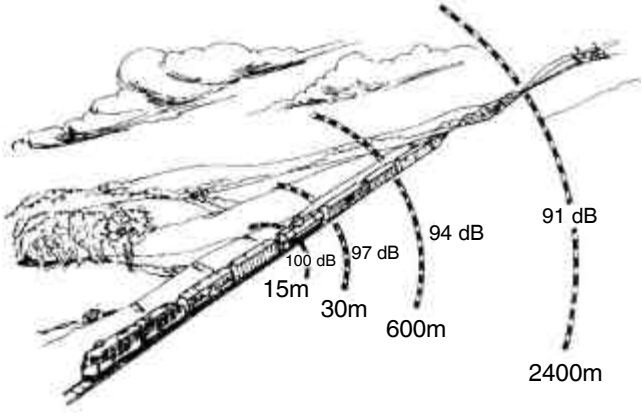
II. Domeniul sunetelor audibile



III. Bilanţ energetic sonor



IV. Atenuarea zgomotului cu distanţa



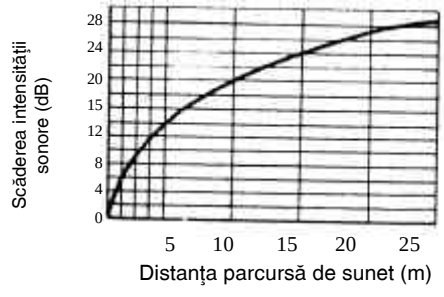


Fig. 10.2 I. Propagarea şi caracteristicile undelor sonore. II. Domeniul de audibilitate. III. Bilanţ energetic acustic. IV. Atenuarea zgomotului cu distanţa.

microfon de înaltă calitate. Semnalul electric de nivel scăzut este amplificat pentru a fi citit pe un ecran. În continuare semnalul e trecut printr-un filtru (de o treime de octavă). După o amplificare suplimentară, semnalul este suficient de ridicat pentru a putea fi indicat pe aparat (nivelul de presiune acustică în dB). Semnalul este disponibil şi pentru alimentarea unor înregistratoare. Un circuit va menţine indicaţia acului, de pe ecranul aparatului, la valoarea maximă apărută.

Măsurătorile se pot realiza în condiţii de câmp liber, fără prezenţa suprafeţelor reflectante în exterior sau în camera anecoidă (surdă), în care pereţii, tavanul şi podeaua sunt acoperite cu materiale fonoabsorbante pentru a elimina orice reflexie (fig 10.3.V.).

Nivelul de presiune acustică se poate măsura în toate direcţiile în jurul sursei sonore, fără interferenţa undelor reflectate (fig 10.3.I.). Măsurarea în cadrul unui câmp acustic difuz (energia acustică este egal distribuită în toată încăperea) se efectuează în camera reverberantă, la care suprafeţele nu sunt paralele fiind finisate cu un material dur şi reflectant.

Practic majoritatea măsurătorilor acustice sunt realizate în încăperi între aceste două limite (fig 10.3.V.).

Determinările vor fi efectuate în poziţia normală a urechii umane. Câmpul acustic într-o încăpere obişnuită cu o sursă de zgomot se poate împărţi în: câmp apropiat, lângă sursă, în care se evită efectuarea măsurătorilor; câmp reverberant lângă suprafeţele care reflectă zgomotul, unde nu se pot realiza măsurători corecte şi câmpul îndepărtat situat între primele două câmpuri. Acesta poate fi determinat atunci când nivelul acustic se reduce cu 6 dB la o dublare a distanţei faţă de sursă. În acestă zonă trebuie efectuate măsurătorile (fig 10.3.V.).

Alt factor care poate influenţa precizia măsurătorii este nivelul zgomotului de fond comparat cu zgomotul ce se măsoară. Este necesar ca nivelul zgomotului măsurat să fie cu 3 dB mai mare ca cel de fond.

10.2 IZOLAREA ACUSTICĂ LA ZGOMOT AERIAN

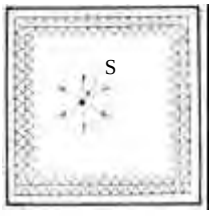
Zgomotul aerian poate acţiona la exteriorul clădirilor sau la interiorul încăperilor. Zgomotul exterior poate fi produs de circulaţia vehiculelor, a pietonilor, funcţionrea instalaţiilor industriale. Sursele interioare de zgomot pot fi: oamenii, instrumentele muzicale, televizoare, instalaţii tehnice (fig 10.3.III.).

Protecţia împotriva zgomotelor exterioare se poate realiza prin: îndepărtarea clădirilor de sursa de zgomot sau intercalarea uneia sau mai multor şiruri de perdele plantate cu foioase şi cu arbuşti (reducere cu 7 dB la o perdea de arbori de 30 m lăţime); interpunerea unor ecrane fonoizolatoare (rambleuri acoperite sau nu cu arbori, ecrane din beton armat); amplasarea

Propagarea şi măsurarea zgomotului

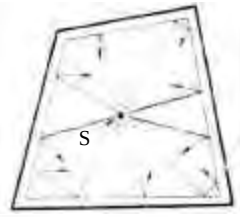
I. **Propagarea sunetului**

Cameră anecoidă (cameră surdă)

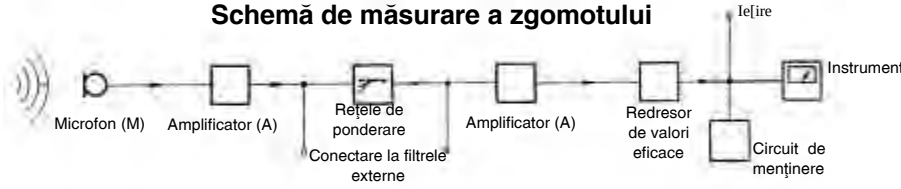


S - sursă de zgomot

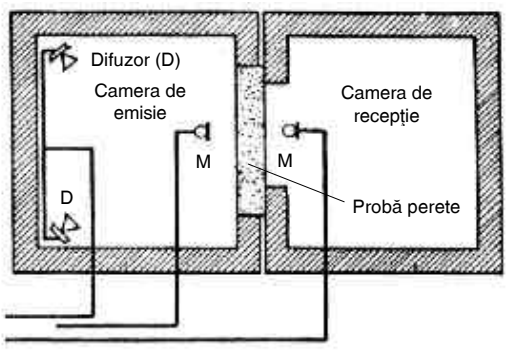
Cameră reverberantă

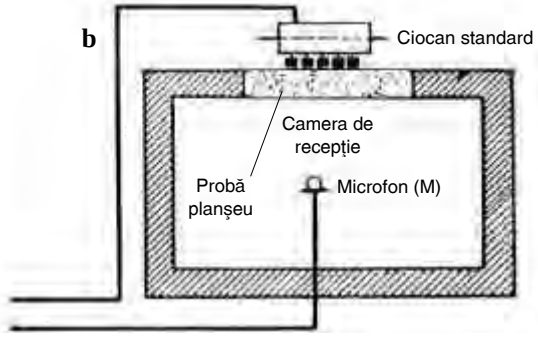


II. **Schemă de măsurare a zgomotului**

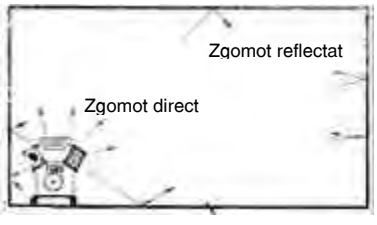


III. **Staţie pentru determinarea izolării acustice la zgomot aerian (a) şi de impact (b)**





IV. **Propagarea zgomotului într-o cameră obişnuită**



V. **Zonarea câmpului acustic**

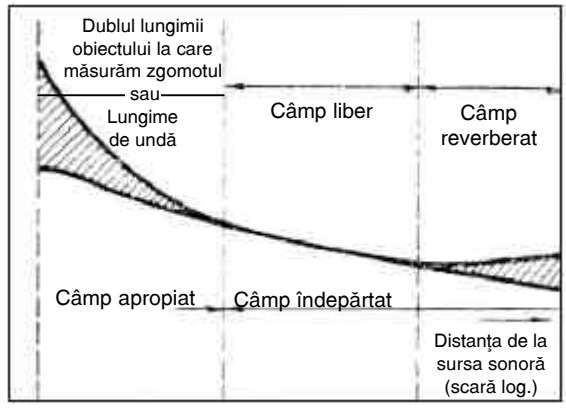


Fig.10.3.I. Propagarea zgomotului. II. Măsurarea zgomotului. III. Determinarea izolării acustice în laborator. IV. Propagarea zgomotului într-o încăpere obişnuită. V.zonarea câmpului acustic

încăperilor auxiliare în clădirile de locuit spre sursele de zgomot.

Alte măsuri de protecţie împotriva zgomotelor exterioare sunt: zonificarea localităţilor (zona de locuit, zona industrială, zona de agrement); întreţinerea drumurilor şi a mijloacelor de transport; realizarea unor vehicule silenţioase.

Atenuarea zgomotelor în aer scade cu logaritmul distanţei faţă de sursa de zgomot conform relaţiei (fig 10.2.IV.):

$$L_d = L_s - K \cdot 20 \lg \cdot d \text{ (dB)} \quad (10.12)$$

în care:

L_d nivelul zgomotului atenuat (dB);

L_s nivelul zgomotului la sursă (dB);

K coeficient ce ia în considerare influenţa transmisiei sonore la nivelul terenului (0,9 asfalt, 1,0 - pământ, 1,1 - gazon);

d distanţa la care se consideră atenuarea zgomotului faţă de sursă (m).

Intensitatea sonoră a zgomotului scade cu 6 dB la fiecare dublare a distanţei. Vântul influenţează transmisia zgomotului în direcţia sa, aducând o creştere de 10...20 dB.

Umiditatea mărită a atmosferei micşorează distanţa de propagare şi atenuează intensitatea zgomotului.

Dimensionarea elementelor de construcţie la zgomot aerian implică considerarea inegalităţii:

$$R_{aef} \geq R_{an} \text{ (dB)} \quad (10.13)$$

în care:

R_{aef} indicele efectiv de izolare acustică (dB);

R_{an} grad necesar de izolare acustică la zgomot aerian (dB);

Valoarea gradului de izolare acustică normat (R_{an}) pentru un element de construcţie se stabileşte pe baza expresiei:

$$R_{an} = L_t - L_{ad} \text{ (dB)} \quad (10.14)$$

în care:

L_t nivel teoretic al zgomotului perturbator, care este funcţie de destinţia încăperilor (dB);

L_{ad} nivelul admisibil al zgomotului din încăpere, care este funcţie de natura activităţii şi cerinţele de confort acustic (C_z).

Nivelul teoretic al zgomotului perturbator - L_t se stabileşte în benzi de frecvenţă iar pentru nivelul admisibil al zgomotului de intensitate admisibil L_{ad} (C_z) se consideră curba criteriului de zgomot.

Influenţa absorbţiei sonore din încăpere se poate estima cu relaţia:

$$R'_{aef} = R_{aef} + 10 \log \frac{A}{S} \text{ (dB)} \quad (10.15)$$

în care:

$R_{\bullet aef}$ - gradul de izolare acustică corectat, (dB);

R_{aef} -gradul de izolare acustică fără influenţa absorbţiei acustice, (dB);

A - absorbţia totală a încăperii, (m^2);

S - suprafaţa totală a elementului de construcţie, (m^2).

Indicele efectiv de izolare acustică (R_{aef}) se determină pentru un element de construcţie (perete sau planşeu), ce se consideră ca un ecran simplu,

asimilat cu un piston rigid, care vibrează datorită presiunii undelor acustice şi se deplasează, cu întreaga lui masă, vibrând. Astfel, el constitue o sursă sonoră care transmite vibraţiile acustice de la mediul, cu sursa acustică, la mediul din cealaltă parte a peretelui.

Valorile lui R_{aef} pentru un element de construcţie se determină aproximativ cu ajutorul relaţiei:

$$R_{aef} = 20 \cdot \log \cdot \frac{\pi \cdot f \cdot m}{\rho_0 \cdot c} \text{ (dB)} \quad (10.16)$$

în care:

f frecvenţa vibraţiei produsă de sursa acustică (Hz);

m masa elementului de construcţie pe unitate de suprafaţă (Kg/m^2);

ρ_0,c rezistenţa specifică acustică a mediului de propagare (impedanţa acustică) în cazul aerului, produsul între densitatea aerului şi viteza de propagare a undei acustice are valoarea 414 N,s/m^3.

Deci indicele efectiv de izolare acustică a elementului de construcţie depinde de frecvenţă şi de masă. Relaţia poartă denumirea de legea masei, stabilită de Berger.

Indicele efectiv de izolare acustică la zgomot aerian variază exponenţial cu masa elementului de construcţie. La dublarea masei sau frecvenţei se obţine o atenuare de 4 dB. Valorile experimentale ale indicelui efectiv de izolare acustică al pereţilor sunt mai mici ca cele calculate.

Determinarea experimentală la scară naturală a indicelui de atenuare acustică se poate realiza în cadrul Staţiei acustice, cum este cea de la Facultatea de Construcţii şi Arhitectură din Iaşi.

Staţia acustică este alcătuită din două camere complet independente (emisie şi recepţie) iar peretele testat se pozează în golul între ele, prevăzut prin concepţia staţiei (fig 10.3.III.).

Indicele efectiv de izolare acustică a elementului testat (de exemplu un nou tip de perete) se determină în benzi de frecvenţă de o octavă, cu ajutorul relaţiei:

$$R'_{aef} = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log \frac{S}{A} \quad (10.17)$$

în care:

L_1, L_2 nivelul de zgomot măsurat în camera de emisie şi respectiv în cea de recepţie (dB);

S suprafaţa elementului despărţitor testat (m^2);

A suprafaţa de absorbţie echivalentă a încăperii de recepţie ce se determină pe bază de măsurători, utilizând relaţia:

$$A = 0{,}163 \cdot \frac{V}{T} \quad (10.18)$$

în care:

V volumul încăperii (m^3);

T durata de reverberaţie (s).

Capacitatea de izolare la zgomot aerian a unui perete de compartimentare, se apreciează prin compararea caracteristicii de frecvenţă a indicilor efectivi de atenuare acustică - curba efectivă şi caracteristica de frecvenţă a indicilor admisibili de atenuare acustică - curba standard corespunzătoare cerinţelor de izolare

acustică a unităţilor funcţionale ale unei clădiri.

Indicele de izolare la zgomot aerian E_A indică aprecierea globală a capacităţii de izolare la zgomot aerian a unui perete despărţitor.

Indicele E_A este ordonata măsurată în dB cu care trebuie translată curba standard. Valoarea totală a abaterilor negative ale ordonatei curbei efective, de la curba standard translată, trebuie să nu depăşească 30 dB. Cela două curbe se consideră suprapuse dacă abaterea negativă medie este de aproximativ 2 dB pentru cele 15 treimi de octavă în intervalul 100...3150 Hz.

Calculul simplificat al indicelui efectiv de izolare acustică (R_{aef}) se poate realiza cu relaţiile:

$$R_{aef}=13{,}5 \log m+13 \qquad (10.19)$$

în care:

$m<200$ Kg/m^2 masa unui perete monostrat;

$$R_{aef} = 13{,}5\log(m_1+m_2)+13+\Delta R \qquad (10.20)$$

în care:

m_1, m_2 masele straturilor 1 şi 2 (separate cu o lamelă de aer) ale unui perete ($m < 200$ Kg/m^2);

ΔR sporul de izolare datorat stratului de aer (dB);

Valoarea indicelui efectiv de izolare acustică (R_{aef}) determinată cu relaţiile de mai sus, consideră valori medii pentru frecvenţa de 500 Hz (media geometrică între 50 şi 5000 Hz).

Izolarea acustică a pereţilor şi planşeelor la zgomot aerian depinde în principiu de masa acestor elemente de construcţie şi frecvenţa oscilaţiilor sonore, crescând proporţional cu logaritmul acestor mărimi.

Pereţii şi planşeele cu dimensiuni şi mase apreciabile, au o frecvenţă proprie a oscilaţiilor foarte joasă. Aceste elemente de construcţie opun o rezistenţă, datorită inerţiei, undelor sonore. Aducerea în stare de oscilaţie a unui obstacol masiv este dificilă, deci se asigură o izolare acustică bună. Pereţii alcătuiţi din diverse materiale (beton, cărămidă, piatră) la masă egală au acelaşi indice de izolare acustică, deci vor atenua zgomotele (cu aceeaşi frecvenţă) cu acelaşi număr de dB. Zgomotele cu frecvenţă înaltă sunt mai puternic atenuate ca cele cu frecvenţă joasă. În cazul frecvenţei din intervalul 50...5000 Hz, pentru zgomote obişnuite, capacitatea de izolare acustică depinde numai de logaritmul masei. Dublarea masei (peretelui sau planşeului) sporeşte capacitatea de izolare acustică cu numai 4...6 dB. Permeabilitatea elementului de construcţie despărţitor are o influenţă defavorabilă asupra izolării acustice (neetanşeităţi la pereţi şi/sau tâmplărie). Atenuarea acustică se poate realiza prin utilizarea pereţilor dubli în locul pereţilor simpli omogeni (peretele de zidărie de 25 cm grosime are E_A=+2 dB). Pereţii dubli fără legături rigide între straturile paralele, dând posibilitatea de oscilaţie independentă, sub acţiunea undelor sonore conduc la o mai bună izolare acustică (de exemplu peretele dublu din zidărie de 12,5 cm grosime, cu material intermediar izolant

de 2 cm are E_A=+13 dB). Peretele dublu cu strat intermediar de aer are un spor de izolare acustică de 6...9 dB în medie faţă de legea masei. Acest spor depinde de distanţa între pereţi. Pentru a evita fenomenul de rezonanţă, grosimea stratului de aer la o structură de pereţi din două straturi cu mase m_1 şi m_2 rezultă din:

$$d_{a\,min} = \frac{1}{m_1 + m_2} = \frac{1}{m} \qquad (10.21)$$

iar valoarea frecvenţei de rezonanţă se va determina cu relaţia:

$$f_{rez} = \frac{120}{\sqrt{m \cdot d_a}} \qquad (10.22)$$

în care:

d_a - grosimea stratului de aer.

În cazul pereţilor cu greutate apreciabilă, spaţiul între ziduri e recomandabil să rămână liber, la greutate medie materialul izolator acustic, trebuie fixat numai pe unul din pereţi. La pereţii uşori spaţiul intermediar trebuie umplut integral cu material absorbant. Mărirea capacităţii de izolare fonică se realizează prin amortizarea vibraţiilor pereţilor despărţitori şi prin absorbţia sunetului.

Planşeul din beton armat cu masa 360 Kg/m^2 (grosime > 14 cm) va asigura o izolare acustică satisfăcătoare la zgomot aerian. Pentru a nu micşora izolarea acustică a planşeului se vor evita prevederea de goluri neumplute. Îmbunătăţirea capacităţii de izolare acustică a planşeului se poate realiza printr-un tavan suspendat fonoabsorbant. Capacitatea de izolare acustică a planşeelor este influenţată şi de alcătuirea pardoselii.

10.3. IZOLAREA ACUSTICĂ LA ZGOMOTUL DE IMPACT

Comparativ cu zgomotul aerian, la care sursa acţionează asupra elementului de construcţie indirect, prin intermediul undelor acustice ce se propagă prin aer, zgomotul de impact este produs de acţiunea directă prin şoc.

Zgomotul de impact poate proveni din: circulaţie, căderea obiectelor, mişcarea mobilierului.

Sub efectul zgomotului de impact elementul de construcţie vibrează, transformând energia primită, în energie aeriană pe care o transmite mediului înconjurător sub formă de unde sonore.

Energia instantanee de vibraţie a planşeului, la zgomotul de impact, este mai mare decât cea generată de zgomotul aerian. Din acest motiv şi datorită uşurinţei cu care undele provocate de impact se propagă în medii solide, izolarea la zgomot de impact a planşeelor are prioritate.

Gradul de izolare la zgomot de impact a planşeelor se determină experimental, prin acţiunea de impact exercitată prin intermediul unui dispozitiv standard internaţional (fig 10.3.III.b.).

Nivelul de intensitate auditivă a zgomotului în camera de emisie se notează cu L_1, iar nivelul de intensitate a sunetului în încăperea de recepţie se notează cu L_2. Pentru ca zgomotul de

impact să nu afecteze confortul în încăperea inferioară este necesar ca nivelul global de intensitate auditivă a sunetului L_2 să satisfacă relaţia:

$$L_2 < 85 \quad \log A \qquad (10.23)$$

în care:

A aria de absorbţie echivalentă din încăperea de recepţie (m^2).

Aprecierea calităţii de izolare a planşeului la zgomotul de impact se realizează prin considerarea valorilor curbei standard ale nivelului admisibil al intensităţii sonore la zgomot de impact (L_{na}).

Nivelul normat al zgomotului de impact, care ia în considerare pe lângă zgomotul direct radiat de planşeu şi zgomotul reflectat, se calculează cu relaţia:

$$L_n = L_2 - 10 \cdot \log \frac{A_0}{A} \text{ (dB)} \qquad (10.24)$$

în care:

L_2 nivelul zgomotului cauzat de ciocanul standard, măsurat la etajul inferior (dB);

A_0 suprafaţa de absorbţie acustică echivalentă, de referinţă (10 m^2);

A suprafaţa de absorbţie reală a încăperii de sub planşeu, măsurată in-situ (m^2).

Semnul minus din relaţie, rezultă din faptul că $\log A_0/A$ este negativă ($A>A_0$). Asigurarea condiţiei de confort la zgomotul de impact implică înscrierea curbei valorilor efective L_n în zona rezultatelor favorabile. Standardele precizează clasa de încredere a planşeelor privind cerinţele de confort la zgomot de impact funcţie de categoria de încăperi, separate de planşee dar şi de destinaţia clădirii.

Aportul pardoselii la atenuarea zgomotului de impact depinde de rigiditatea materialului, de capacitatea sa de amortizare locală a oscilaţiilor provenite din şoc. Aportul suplimentar la izolarea acustică datorită pardoselii se determină cu relaţia:

$$\Delta L = L_{n1} - L_{n2} \text{ (dB)} \qquad (10.25)$$

în care:

▣L - îmbunătăţirea izolării acustice;

L_{n1} nivelul de zgomot înregistrat în încăperea de sub planşeul fără pardoseală izolantă, acţionat de ciocanul standard ;

L_{n2}- nivelul înregistrat în cazul planşeului cu pardoseală izolantă.

Pardoselile moi, cu raportul între modulul de elasticitate şi grosime de ordinul 100...500 Kg/cm^3, asigură comportări elastice la zgomotul de impact. Aportul acestor pardoseli la izolarea acustică este de 8 dB la covorul P.V.C. pe suport textil şi de 16 dB la covorul P.V.C. pe suport de pâslă PNA (360 g/m^2). Pardoselile din parchet au un aport mic la izolarea zgomotului de impact (5 dB) excepţie făcând soluţia de parchet cu substrat din pudretă de cauciuc (18 dB) sau PFL poros de 25 mm grosime (11 dB).

Dala flotantă este o pardoseală alcătuită dintr-un material de uzură dur, rezemat pe o placă rigidă, care prin intermediul unui strat elastic reazemă pe planşeul brut.

Placa rigidă este alcătuită din beton slab armat (3,5...4 cm), PFL poros, PAL

fără a avea contact direct cu structura pereţilor de pe contur.

Stratul elastic, ce are rol de amortizare a oscilaţiilor din impact, se realizează din plăci de polistiren, pudretă de cauciuc.

Placa rigidă transmite deformarea locală datorită impactului sub formă de unde de încovoiere. Aceste unde sunt amortizate de stratul elastic şi transmise planşeului brut.

Placa rigidă cu stratul elastic formează un sistem oscilant a cărui frecvenţă, dacă coincide cu frecvenţa şocului favorizează această transmisie.

Atenuarea zgomotului va fi mai accentuată în domeniul frecvenţelor ce depăşesc frecvenţa de rezonanţă.

Micşorarea zgomotului la soluţia cu dală flotantă creşte cu frecvenţa (cu valori de 4...10 dB la o octavă). Aportul pardoselii flotante este mai mare cu cât coeficientul de rigiditate dinamică e mai mic.

Pereţii despărţitori se vor poza pe planşeul brut prin intermediul unui strat elastic. Pereţii cu greutate redusă se pot aşeza pe dala flotantă tot prin intermediul unui strat elastic. Pardoseala din parchet (2,5 cm) pozat pe dala flotantă din beton armat (3,5 cm) ce reazemă pe o pudretă de cauciuc (2 cm) va conduce la o reducere a zgomotului de impact cu 18 dB.

Capitolul

11

ILUMINATUL NATURAL AL CLĂDIRILOR

11.1. GENERALITĂŢI

Conceptul de confort luminos.

Condiţiile minime care asigură gradul de confort din punct de vedere al iluminatului în clădirile de locuit, social-culturale şi industriale sunt influenţate de:

- modul de pătrundere a luminii solare;
- cantitatea de lumină;
- dimensiunile golurilor (ferestre, uşi) în raport cu cele ale plinurilor.

Toate încăperile destinate locuinţelor oamenilor trebuie să primească lumină naturală. Fac excepţie următoarele spaţii din cadrul locuinţelor: holuri, vestibuluri, cămări, băi, W.C.-uri, iar din cadrul clădirilor social-culturale, care necesită şi o lumină artificială şi în timpul zilei: săli de operaţii chirurgicale, expoziţii, săli de spectacole.

În clădirile industriale cu parter, ce au lăţimi mari, iluminarea naturală este asigurată prin combinarea iluminatului lateral cu cel de sus.

Confortul luminos, prin efectele pozitive, va condiţiona: sănătatea locatarilor, mărirea productivităţii şi exploatarea economică a clădirilor.

Asigurarea luminii necesare în încăperile clădirilor civile va conduce la mărirea capacităţii de a distinge detalii mici şi la creşterea vitezei de percepţie.

Nivelul de iluminare naturală este influenţat de:

- constanţa condiţiilor de iluminare în aer liber, care depind de amplasarea geografică, orientarea clădirii, anotimp, ora zilei, nebulozitate;
- culoarea suprafeţelor încăperii (culorile deschise conduc la sporirea luminii indirecte reflectate);

- curăţirea geamurilor.

Exigenţe privind iluminatul natural.

Modul de iluminare naturală a unei încăperi (iluminare laterală, iluminare de sus, iluminare combinată) se va alege în raport cu destinaţia încăperilor (specificul muncii) şi mărimea acestora.

Valorile iluminatului natural ce trebuie asigurat în diferite încăperi, sunt indicate în standarde, funcţie de categoriile de lucrări vizuale (precizia lucrării).

Încadrarea orientativă a clădirilor civile este indicată în standard în funcţie de categoria de muncă (precizia lucrării prin distingerea unor detalii de diverse mărimi).

Nivelul iluminării medii normate este determinat în raport cu contrastul între fond şi detalii (care poate fi: mic, mediu , mare) şi luminozitatea fondului (luminos, mediu, întunecos).

În cazul încăperilor la care valorile normate depăşesc pe cele calculate se utilizează iluminatul mixt: iluminatul natural general şi iluminatul artificial local.

Iluminarea naturală exterioară.

Intensitatea luminoasă în spaţiul liber este variabilă în funcţie de anotimp, ora zilei, condiţii meteorologice (sau gradul de poluare); intensitatea luminii solare variază în cazul bolţii cereşti acoperite, în câteva minute, de la 100% la 200%, iar în cazul soarelui strălucitor şi al norilor rapizi în câteva secunde de mai multe ori 100%.

Lumina naturală exterioară este considerată pentru simplificare, lumina difuză a bolţii cereşti complet acoperite (cer uniform luminos); în ziua solstiţiului de iarnă (între orele 9h şi 30• şi 14h şi 30•) se neglijează eventualul surplus de lumină produs de razele directe ale soarelui.

Iluminarea exterioară orizontală în spaţiul liber variază între 0 şi 100.000 lx, având valoare maximă de 70.000 lx.

În condiţiile ţării noastre (latitudinea 44-48°), iluminarea exterioară dată de bolta cerească este minim 4000 lx.

Valorile normate ale iluminării naturale interioare au fost determinate considerând iluminarea exterioară E_e = 4000 lx.

La construcţii cu carater sezonier, iluminarea exterioară poate fi considerată de E_e = 7000 lx.

11.2. ILUMINATUL INTERIOR NATURAL

Iluminatul natural din interiorul încăperii se compune din iluminatul direct (de la bolta cerească) şi cel indirect (lumina reflectată de la suprafeţele interioare ale clădirilor învecinate sau ale terenului) (fig.11.1).

Planul de lucru este planul orizontal la care se raportează valorile de calcul şi normate ale iluminării naturale. Convenţional, planul de lucru se consideră situat la 0,85...1,00 m de pardoseală sau în unele cazuri chiar la nivelul pardoselii (culoare de circulaţie, holuri de hoteluri, grupuri sanitare, săli

de sport, grădinişe). În cazuri deosebite se consideră 1,5 m de la pardoseală (cazul atelierelor de pictură).

Uniformitatea iluminării este raportul între valorile minime şi maxime ale iluminării naturale interioare în limitele zonei de lucru (exceptând zonele perimetrale de 3...4 m de la suprafeţele vitrate).

Factorii de uniformitate (E_{min}/E_{med}, E_{min}/E_{max}), în încăperile din clădirile civile, trebuie să se încadreze în limitele indicate de standard, funcţie de precizia lucrării şi nivelul iluminării (E_{min}/E_{med}= 0,65 - pe planul de lucru şi E_{min}/E_{max}= 0,50 - în orice punct).

Uniformitatea iluminării naturale în încăperile clădirilor civile se poate obţine prin utilizarea cercevelelor înguste, alegerea pordoseii de culoare deschisă, a ferestrelor cu dimensiuni mari, a pereţilor cu grosime mică.

Folosirea jaluzelelor poate ameliora factorul de uniformitate a iluminării E_{min}/E_{max} de la 5/195 la 1/115, dar cu o scădere a iluminării medii de la E_m = 39 lx la 27 lx şi a randamentului de la 48% la 33%.

Iluminarea naturală indirectă este compusă din lumina reflectată de la suprafeţele interioare (pereţi, tavane, pardoseală), de la suprafeţele exterioare ale clădirilor învecinate sau ale terenului. Aportul luminii reflectate de lasuprafeţele interioare (prin folosirea culorilor deschise) este în special important în zona unde influenţa luminii naturale directe este mai mică.

Corelaţia între ambianţa generală a încăperii, coeficientul de reflexie mediu al suprafeţelor ce limitează încăperea (ρ_m) şi factorul psihologic de ambianţă ($1/1-\rho_m$) este determinat funcţie de ambianţa încăperii (foarte luminoasă, luminoasă, medie, întunecoasă, foarte întunecoasă).

Ameliorarea iluminării naturale în încăperile întunecoase se poate realiza prin folosirea prismelor de sticlă (Luxfer) care deviază lumina naturală venită de la înălţime sub unghi redus, transmiţându-se spre partea din spate a încăperii (fig. 11.1.III).

Valorile informative ale coeficienţilor de reflexie pentru culori (vopsitorie, zugrăveli, tapete) pentru diverse materiale şi suprafeţe (interioare şi exterioare) variază între 0,88 (alb) şi 0,02 (negru).

Iluminarea naturală verticală prin ferestre.

Dimensiunile ferestrelor (S_f) în funcţie de suprafaţa pardoselii (S_p) a încăperii trebuie să satisfacă valorile minime normate funcţie de precizia lucrării (distingerea detaliilor de diferite mărimi) şi destinaţia încăperii.

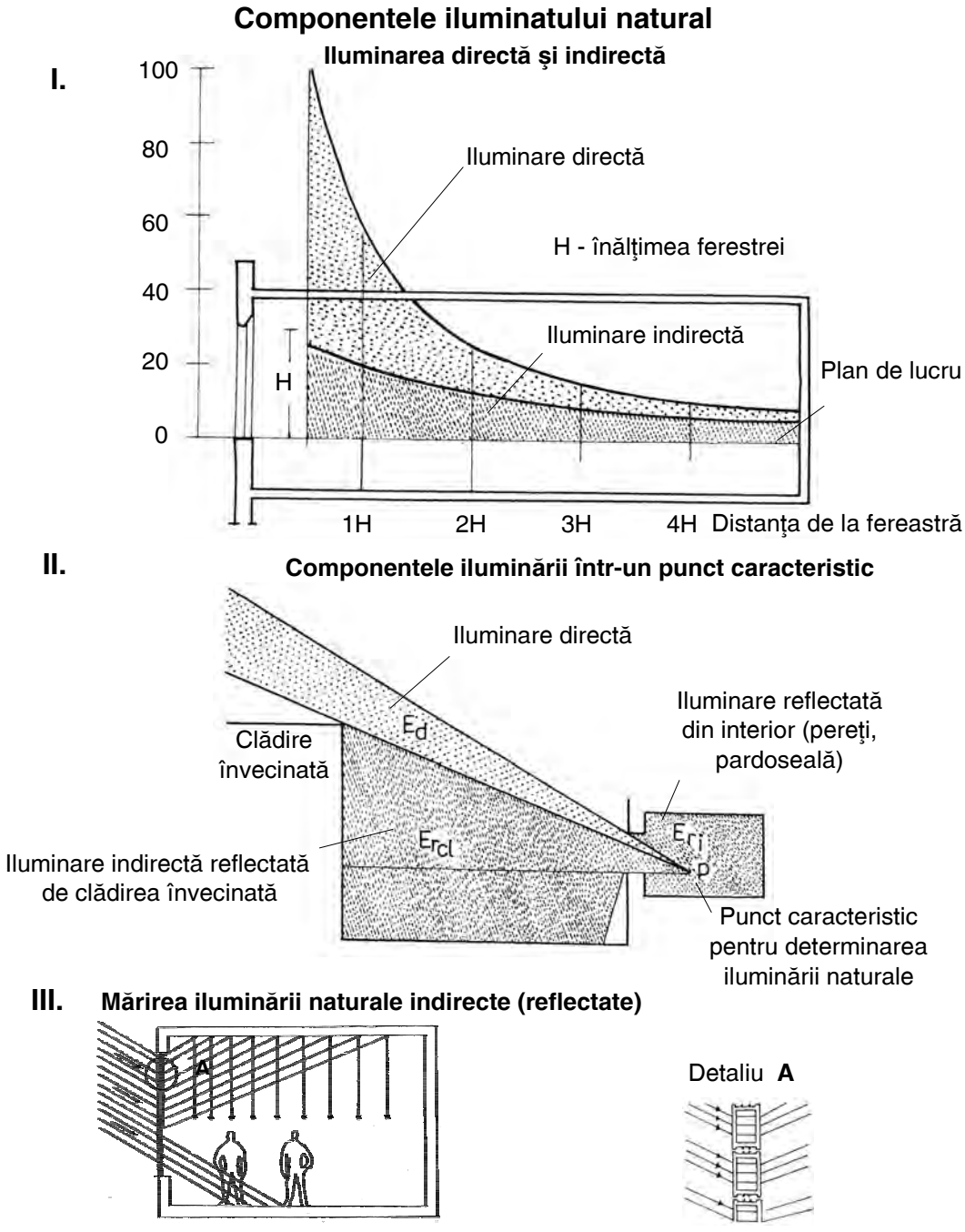


Fig. 11.1 Componentele iluminării naturale laterale. I. Iluminarea directă şi indirectă reflectată interioară. II. Iluminarea într-un punct P (directă, indirectă, exterioară şi interioară). III. Mărirea iluminării indirecte (reflectate din interior) .

Valorile normate sunt valabile pentru ferestrele având raportul al dimensiunilor lăţime/adâncime,(faţă de poziţia ferestrelor) mai mici de 0,5.

Iluminarea naturală a unei încăperi nu este proporţională cu suprafaţa ferestrelor S_f când S_f>(1/10...1/8)S_p. Mărind suprafaţa ferestrelor S_f la (1/6...1/3)S_p iluminarea naturală medie va creşte numai cu 60%.

Grosimea mare a pereţilor diminuează uniformitatea iluminării naturale interioare. Se recomandă ca la încăperile cu suprafaţă mare de lucru, aria pardoselii să nu depăşească un sfert din suprafaţa ferestrei.

Amplasarea ferestrei în spaţiul superior al peretelui va conduce la scăderea randamentului iluminării naturale, dar se va obţine o uniformitate sporită, deoarece valorile iluminării naturale cresc spre partea opusă ferestrei, sporind totodată utilizarea avantajoasă a acestei părţi a încăperii.

Stabilirea simplificată a iluminării verticale prin ferestre. Pereţii verticali pe care sunt pozate ferestrele sunt iluminaţi de jumătate din bolta cerească (E_v=0,5 E_e).

În cazul iluminării naturale prin ferestre verticale, factorul fereastră (f) este egal cu raportul între iluminarea prin ferestre (E_f) şi iluminarea exterioară (E_e).

$$f = E_f/E_e \quad ; \quad E_f = E_e \cdot f \qquad (11.1)$$

Factorul fereastră (f) se determină funcţie de raportul B/H (B-distanţa până la clădirea exterioară şi H - înălţimea clădirii exterioare) şi L/H (L - lungimea clădirii exterioare şi H - înălţimea ei).

Iluminarea naturală în încăpere prin ferestre laterale se determină cu relaţia:

$$E_v = E_e \cdot f \cdot \eta \cdot \frac{S_f}{S_p} \qquad (11.2)$$

în care:

E_v - iluminarea naturală în încăpere;

E_e -iluminarea naturală exterioară (min 4000 lx);

f - factorul fereastră;

η - randamentul iluminării naturale (val. medie 40%);

S_f - suprafaţa ferestrelor;

S_p - suprafaţa pardoseliei ce este dependentă de raportul S_f/S_p care e funcţie de destinaţia încăperii.

În cazul ferestrelor amplasate în pereţi de grosime mare factorul fereastră (f) se corectează cu un coeficient, funcţie de b/t şi h/t, de reducere (în care b - lăţimea, h - înălţimea, t - grosimea ferestrei).

11.3. CALCULUL ILUMINĂRII NATURALE

Calculul se efectuează în puncte caracteristice pe planul de lucru al secţiunilor principale ale încăperii .

Iluminarea într-un punct caracteristic din încăpere se realizează prin însumarea simultană sau parţială a iluminării directe şi reflectate şi este dată de relaţia:

$$E = E_d + E_{ri} + E_{re} + E_{rt} \quad (lx) \qquad (11.3)$$

în care:

E - iluminarea interioară;

E_d - iluminarea directă;

E_{ri} - iluminarea reflectată interioară;

E_{re} - iluminarea reflectată exterioară de la clădiri;

E_{rt} - iluminarea reflectată de la teren.

Iluminarea directă E_d se determină cu relaţia:

$$E_d = E_c \cdot t = e_c \cdot q \cdot t \qquad (11.4)$$

în care:

E_d - iluminarea directă;

E_c - iluminarea de calcul;

t - coeficient de reducere a luminii funcţie de: mărimea cercevelelor (lemn, beton armat, metal), gradul de murdărire şi poziţia geamurilor şi opturarea parţială a ilumunării directe datorită elementelor de rezistenţă;

e_c - coeficientul bolţii cereşti;

q - coeficient influenţat de distribuţia neuniformă a intensităţii luminoase a bolţii cereşti şi se determină cu relaţia:

$$q = \frac{3}{7}(1 + 2\sin\theta) \qquad (11.5)$$

în care:

θ - unghiul format de linia orizontală cu dreapta care uneşte punctul dat de centrul golului de lumină din secţiunea transversală sau longitudinală.

Calculul coeficientului bolţii cereşti (e_c)

Coeficientul bolţii cereşti este raportul între proiecţia suprafeţei S_c (proiecţia semibolţii cereşti ce luminează punctul P) şi proiecţia întregii semibolţi cereşti (fig. 2):

$$e_c = \frac{S_c \cdot \cos\beta}{\pi \cdot r^2} \qquad (11.6)$$

în care:

S_c- suprafaţa de cer văzută prin golul de lumină;

$S_c\cos\beta$ - proiecţia suprafeţei "S_c" pe planul orizontal;

r - raza proiecţiei semibolţii cereşti pe plan orizontal.

Determinarea practică a coeficientului bolţii cereşti se face cu metoda razelor cunoscută şi sub denumirea de metoda Daniliuk:

$$e_0 = \frac{e_I \cdot e_{II}}{100} = 0{,}001 \cdot e_I \cdot e_{II} \quad (\%) \quad (11.7)$$

sau

$$e_0 = \frac{e_I \cdot e_{II} \cdot 4000}{100} = e_I \cdot e_{II} \cdot 40 \ (lx) \quad (11.8)$$

Punctul caracteristic P (unde se determină coeficientul bolţii cereşti) din interiorul încăperii reprezintă mijlocul semisferei cerului şi, în acelaşi timp, vârful unghiului solid care cuprinde golul de lumină şi porţiunea din semibolta cerească ce luminează acest punct.

Metoda razelor determină, pe cale grafică, coeficientul bolţii cereşti folosind două grafice unghiulare (fig. 11.2).

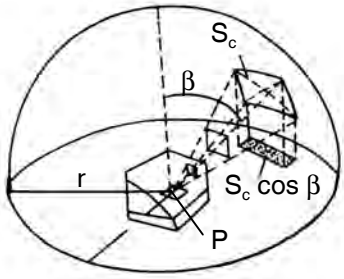
Suprafaţa aparentă a semibolţii cereşti se împarte printr-un caroiaj sferic în 10.000 părţi unitare, 100 părţi prin meridiane şi 100 părţi prin paralele.

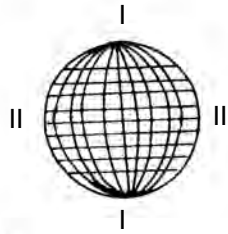
Utilizând cele două grafice unghiulare se determină numărul de porţiuni unitare al semibolţii cereşti care luminează punctul P, unde se calculează iluminarea naturală.

Determinarea coeficientului bolții cerești (metoda razelor - Daniliuk)

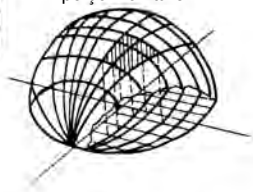
A. Conceptul metodei razelor

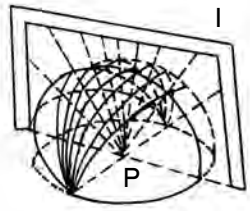
Legea proiecției unghiului solid



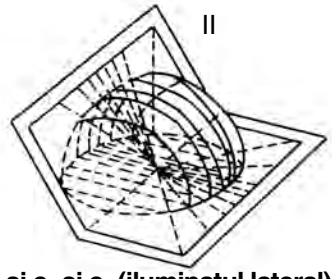


Împărțirea bolții cerești în porțiuni unitare

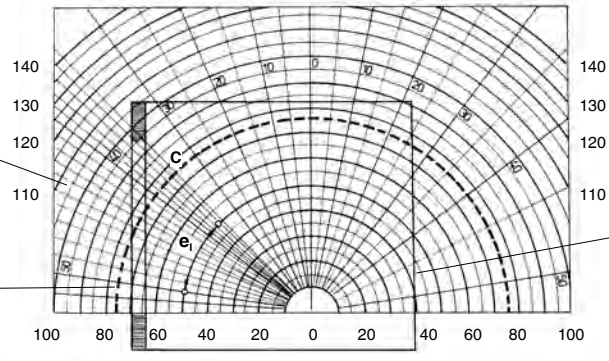




Formarea graficelor I și II



B. Utilizarea graficelor I și II pentru determinarea lui și e_1 și e_2 (iluminatul lateral)



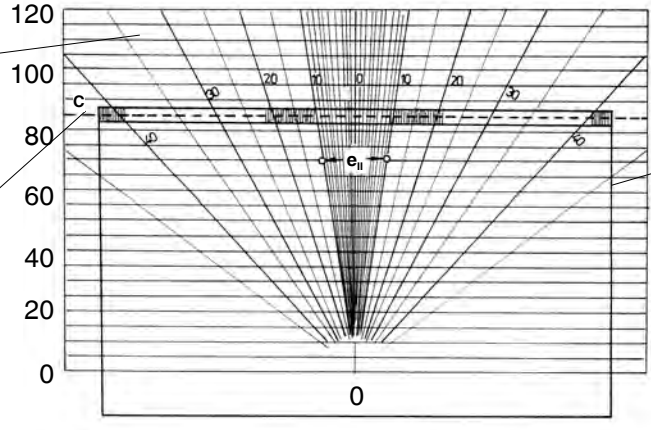


Fig. 11.2 Determinarea coeficientului bolții cerești. A. Conceptul metodei razelor. B. Folosirea graficelor lui Daniliuk pentru determinarea iluminatului natural (lateral)

Practic pentru determinarea lui e_c se procedează astfel:

- pe secţiunea transversală a încăperii (sau longitudinală), pe care sunt figurate golurile de lumină, se aşează graficul I astfel încât centrul acestuia să coincidă cu punctul a cărui iluminare se determină. Raza 00 trebuie să fie verticală în punctul P. Se vor număra razele care trec prin goluri (e_I) şi se va nota numărul cercului, care trece prin mijlocul golului ferestrei.
- pe planul orizontal al încăperii, desenat la aceiaşi scară cu secţiunea, se suprapune graficul II, în aşa fel încât axa graficului 00 să treacă prin punctul P (fig. 11.3).

Planul vertical, ce conţine axa longitudinală a peretelui în care se află golul de lumină, trebuie să coincidă cu dreapta din grafic purtând acelaşi număr cu cercul din graficul I (astfel se face legătura între cele două grafice) se vor număra razele care trec prin goluri (e_{II}).

Iluminarea indirectă

Iluminarea indirectă se obţine din lumina reflectată din interior (E_{ri}) şi din exterior (E_{rcl}, E_{rt}).

Iluminarea naturală produsă de lumina reflectată de la suprafeţele interioare (tavane, pereţi, pardoseli) se calculează cu relaţiile (fig. 3):

- în cazul iluminatului interior:

$$E_{ri} = E_{c\,min} \cdot R_1 \qquad (11.9)$$

- în cazul iluminatului de sus:

$$E_{ri} = E_{o\,med} \cdot R_2 \qquad (11.10)$$

- în cazul iluminatului combinat:

$$E_{vi} = E_{c_{min}} \cdot R_1 + E_{c_{med}} \cdot R_2 \qquad (11.11)$$

în care:

$E_{c\,min}$ - valoarea minimă a luminii de calcul;

R_1 - factorul de reflexie pentru iluminatul lateral care poate fi unilateral sau bilateral;

$$E_{c_{med}} = \frac{E_{1/2} + E_2 + E_3 + ... + E_{n/2}}{n} \qquad (11.12)$$

în care:

n - numărul punctelor caracteristice în care se calculează iluminarea;

R_2 - factorul de reflexie pentru iluminatul de sus care este funcţie de numărul deschiderilor şi raportul H/L în care, H - înălţimea încăperii; L - lăţimea încăperii.

Coeficientul mediu de reflexie:

$$\rho_{med} = \frac{S_1\rho_1 + S_2\rho_2 + S_3\rho_3}{S_1 + S_2 + S_3} \qquad (11.13)$$

în care:

ρ_1, ρ_2, ρ_3 - coeficienţi de reflexie a suprafeţelor (funcţie de culoarea pereţilor, tavanelor, pardoselii);

S_1, S_2,...S_n - suprafeţele respective ale pereţilor, tavanului, pardoselii.

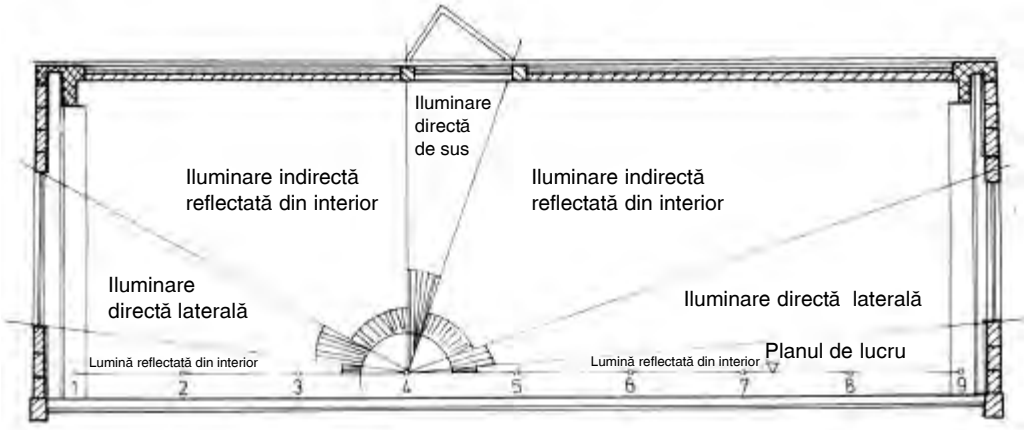
Iluminarea naturală, produsă de lumina reflectată de la clădirile exterioare sau de la terenul exterior se calculează cu relaţiile:

$$E_{v_{cl}} = 0{,}10 \cdot E_{c_{cl}} \cdot t \qquad (11.14)$$

în care:

Iluminatul interior natural combinat (lateral şi de sus)

I. Componentele iluminatului interior direct (lateral şi de sus) şi indirect (reflectat)



II. Curbele iluminării naturale laterale, de sus şi combinate

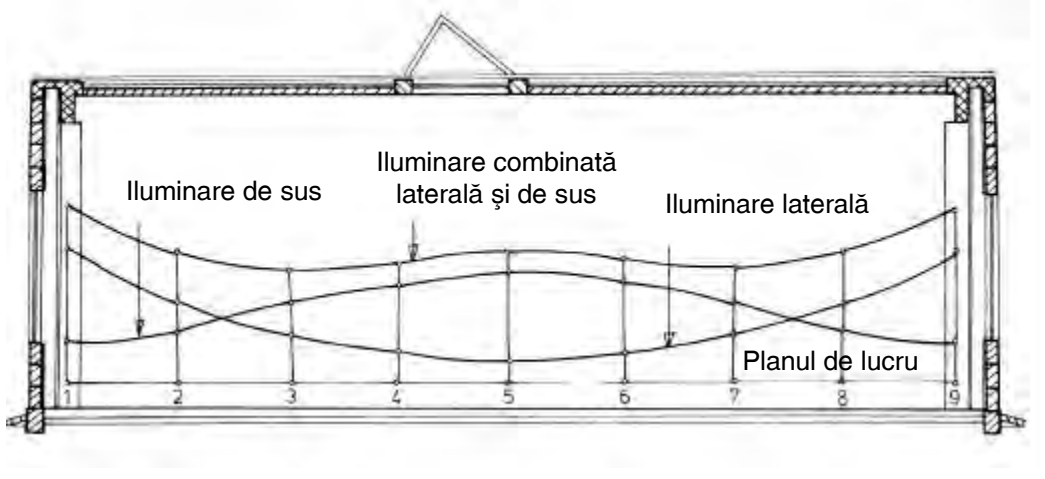


Fig. 11.3 Iluminatul natural combinat. I. Componentele iluminatului natural. II. Curbele iluminatului natural.

$E_{c_{cl}}$ - iluminarea naturală ce s-ar realiza de la bolta cerească pe porţiunea clădirii;

t - coeficient de reducere a luminii funcţie de gradul de murdărire şi poziţia geamului (orizontal, vertical, înclinat) şi natura cercevelelor (metal, lemn, beton armat);

$$E_{Tt} = E_{c_{min}} \cdot R_3 \qquad (11.15)$$

în care:

$E_{c_{min}}$ - valoarea minimă a luminii de calcul;

R_3 - factor de reflexie a terenului funcţie de raportul B/h în care; B - adâncimea încăperii; h - înălţimea ferestrei peste planul de lucru.

Concepţia clădirilor civile din punct de vedere al asigurării unui iluminat natural optim trebuie corelată cu izolarea termică suplimentară a spaţiilor vitrate.

Capitolul

12

ACŢIUNI ÎN CONSTRUCŢII

12.1. GENERALITĂŢI

Acţiunile în construcţii sunt cauzele ce determină solicitări mecanice în elementele de construcţie.

În timpul execuţiei şi în perioada exploatării, clădirile sunt supuse la acţiuni cauzate de diverse manifestări din natură: câmpul gravitaţional (greutatea proprie, greutatea oamenilor, greutatea mobilierului sau a utilajului tehnologic), factorii climatici ai zonei unde este amplasată clădirea (zăpadă, vânt, variaţii de temperatură, cutremure).

În plus acţiunile pot avea cauze cu caracter excepţional cum ar fi: exploziile, tasările bruşte, alunecările de teren, ruperea unor elemente cu implicaţii asupra structurii de rezistenţă, inundaţii catastrofale (fig.12.1).

În concepţia şi proiectarea structurilor de rezistenţă a clădirilor (fig.12.2), acţiunile se consideră sub formă de forţe. deplasări sau deformaţii impuse

Acţiunile sunt reprezentate în calculul clădirilor prin încărcări (sinonim cu sarcini).

Reprezentările grafice ale sarcinilor se realizează pe scheme de încărcare sub formă: de forţe (greutate proprie, greutatea oamenilor, greutatea zăpezii, presiunea vântului); de deplasări sau deformaţii impuse (variaţia temperaturii, tasarea reazemelor, acţiunea precomprimării).

Pentru acestea este necesar să se precizeze o serie de parametri: punctul de aplicare, orientarea, intensitatea, amplitudinea, frecvenţa.

Clasificarea încărcărilor.

Criteriile de clasificare a acţiunilor pot fi: după efectul produs şi după variaţia în timp.

- Încărcările după efectul produs pot fi: încărcări statice şi/sau dinamice. Încărcările statice rămân constante sau se schimbă lent şi nu produc vibraţii în structura clădirii.

Încărcările dinamice variază rapid ca intensitate, sens, direcţie sau/şi punct de aplicaţie. Încărcările dinamice sunt considerate forţele elastice şi de amortizare. Aceste încărcări pot fi forţe de inerţie determinate de mişcările structurii, ce determină vibraţii ale clădirii. De exemplu, acţiunea datorată vântului se considera o încărcare statică pentru clădiri joase, masive, suficient de rigide şi o acţiune cu caracter dinamic pentru construcţii zvelte unde acceleraţiile au valori semnificative.

- După modul de variaţie în timp şi frecvenţa de manifestare la anumite intensităţi, acţiunile sunt: permanente, variabile şi excepţionale.

Acţiunile permanente sunt constante pe toată durata de exploatare, de exemplu: greutatea proprie, greutatea şi împingerea pământului, forţa de precomprimare.

Acţiunile variabile pot fi cvasipermanente şi tranzitorii.

Acţiunile cvasipermanente se manifestă cu intensităţi mari, timp îndelungat, de exemplu: sarcini de la utilaje fixe, încărcări în depozite, încărcări din oameni în zone unde aglomeraţia este frecventă (săli de cinema, teatru), pereţi despărţitori, presiunea lichidelor şi a gazelor, greutatea prafului industrial, variaţia temperaturii tehnologice, tasări neuniforme.

Acţiunile tranzitorii se manifestă într-un timp scurt cu intensităţi semnificative (rar întâlnite), de exemplu: podul rulant, oameni în spaţii de circulaţie, vânt, variaţii de temperatură exterioară, încărcări la execuţia şi montajul elementelor de construcţie.

Acţiunile excepţionale apar foarte rar cu intensităţi mari sau chiar niciodată în perioada de exploatare a clădirii, de exemplu: cutremur, defecţiuni-rupere cablu ascensor, tasări bruşte, explozii, inundaţii catastrofale.

Criteriul de clasificare a acţiunilor, după frecvenţa cu care sunt întâlnite încărcările la anumite intensităţi, în cursul exploatării clădirii, este folosit în metoda de calcul la stări limită.

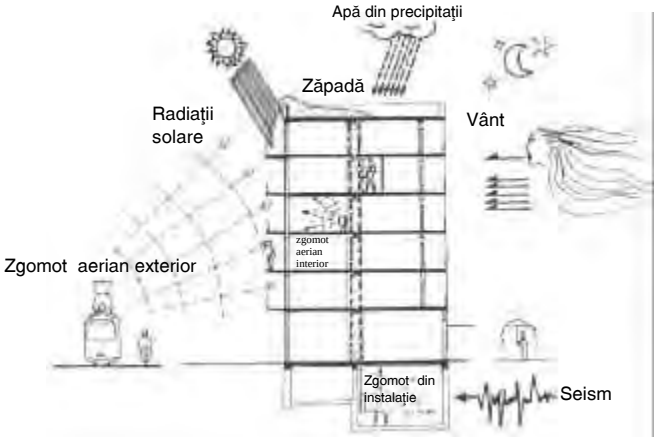
Intensitatea încărcărilor.

Încărcările ce acţionează asupra clădirilor reprezintă valori stabilite pe baza unor observaţii făcute timp îndelungat.

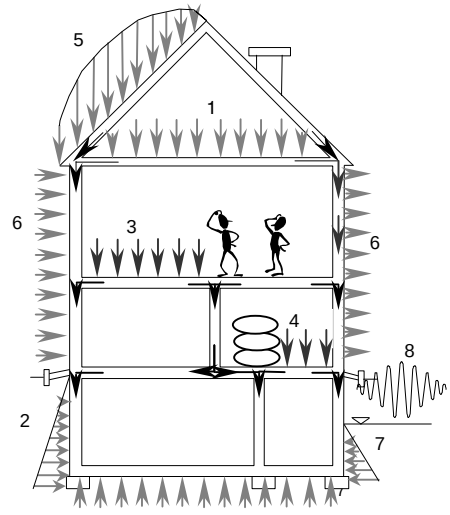
Valorile încărcărilor normate reprezintă medii ponderate ale valorilor posibile cu o anumită probabilitate. Acţiunile normate reprezintă valori de referinţă din prelucrările statistice (distribuţii, valori medii, abatere standard, coeficient de variaţie). Aceste valori "caracteristice" sunt definite prin

Acţiuni în construcţii

Factori ce acţionează asupra clădirilor



Acţiuni asupra clădirii



Intensitatea încărcării

Acţiunea de calcul = **Coeficient de încărcare** ce evidenţiează abateri probabile în sens nefavorabil • **Acţiunea normată** ce este apreciată pe bază de studii statistice

1.Încărcări permanente din greutate proprie.
2. Împingerea pământului.
3.Greutatea oamenilor.
4.Greutatea materialelor depăşite.
5. Încărcare din zăpadă.
6. Încărcarea din vânt (presiune, sucţiune).
7.Presiunea apei.
8. Acţiunea seismică

Gruparea încărcărilor

$$G.F = \sum n\,AP + \sum n\,AC + n_g \sum n\,AT$$

$$G.S = \sum AP + \sum AC + n_g \sum AT + AE$$

G.F. - gruparea fundamentală de încărcări **G.S.** - gruparea suplimentară de încărcări; **AP** - acţiuni permanente; **AC** - acţiuni cvasipemanente; **AT** - acţiuni tranzitorii; **AE** - acţiuni excepţionale; **n** - coeficientul încărcării; $\mathbf{n_g}$ - coeficientul grupării de încărcare.

Fig 12.1. Acţiuni în construcţii. Intensitatea încărcărilor. Gruparea încărcărilor.

probabilitatea redusă de a fi depăşită în timp. Acestea sunt acoperitoare pentru exploatarea normală.

Acţiunile de calcul se determină cu relaţia din fig.12.1.

- În calculele efectuate după metoda stărilor limită, acţiunile se folosesc cu valoarea lor de calcul egală cu valoarea normată a încărcărilor, multiplicată cu coeficientul încărcării.
- Coeficientul încărcării evidenţiează abateri probabile în sens nefavorabil.

Grupările de încărcări.

Pentru calculul structurilor de rezistenţă este necesar să se ia în consideraţie combinaţiile de încărcări cele mai defavorabile, a căror acţiune simultană este practic realizabilă.

Grupările de acţiuni pot fi: fundamentale şi speciale (fig.12.1).

Gruparea fundamentală cuprinde: acţiunile permanente şi variabile (cvasipermanente şi tranzitorii), corectate cu coeficientul de încărcare.

Acţiunile variabile sunt afectate şi de un coeficient de grupare.

Gruparea specială cuprinde acţiunile permanente şi variabile normate la care se adaugă acţiunea extraordinară.

Combinaţiile sunt valori aleatoare datorită încărcărilor componente, dar în special din cauza posibilităţilor de suprapunere a acestora.

Pentru stabilirea celor mai defavorabile ipoteze de încărcare se ţine seama de distribuţia în spaţiu a încărcărilor, de exemplu, încărcarea utilă (oameni, mobilier) se dispune în şah la cadrele etajate cu mai multe deschideri (fig.12.3).

Simultaneitatea acţiunii încărcărilor constituie o problemă importantă ce stă permanent în atenţia inginerului, la concepţia structurilor de rezistenţă.

La acţiunea mai multor încărcări este puţin probabil ca acestea să acţioneze concomitent la intensităţile lor maxime. Apropierea de realitate în exploatare este prilejuită de folosirea coeficientului de grupare, care în general este subunitar.

În cadrul combinaţiilor de încărcări, se va evita suprapunerea acţiunii maxime a vântului peste cea maximă a zăpezii din zonele expuse aglomerării (cele adăpostite). La acoperişul tip terasă necirculabil se va evita suprapunerea greutăţii zăpezii cu greutatea oamenilor.

La determinarea combinaţiilor de încărcări speciale se va considera şi o încărcare cu caracter excepţional, de exemplu, sarcina seismică. Această sarcină nu se va combina cu încărcările orizontale provenite din vânt sau datorită frânării podului rulant în clădirile industriale.

Grupările de încărcări diferă funcţie de starea limită la care se realizează calculul.

12.2. ÎNCĂRCĂRI PERMANENTE

Acţiunile sau încarcările permanente rezultă din greutatea proprie a elementelor structurale şi nestructurale ale clădirilor, precum şi din încărcări aplicate cu caracter permanent

cum sunt: greutatea proprie, presiunea pământului, efectul precomprimării.

Greutatea proprie a elementelor permanente ale clădirilor se determină cu relaţia din fig. 12.2.I.

Greutatea proprie a elementelor clădirilor se determină prin multiplicarea volumului elementelor respective, pe baza detaliilor din proiecte sau prescripţii, cu greutatea tehnică a fiecărui material ce intră în componenţa acestor elemente.

Greutatea tehnică poate fi exprimată sub formă de greutate specifica, în cazul materialelor omogene şi compacte (metale, lichide); greutate specifică aparentă pentru materialele neomogene poroase (lemn, cărămidă, beton); greutatea specifică în grămadă sau în vrac (balast, ciment, cărbune); greutatea specifică în stivă (cherestea, cărămizi), fig.12.2.I.

Factorul parţial de siguranţă (coeficientul încărcării) ia în consideraţie abaterile întâmplătoare din nerespectarea la execuţie a dimensiunilor din proiect şi este influenţat de toleranţele admise.

De exemplu, în cazul profilelor laminate din oţel, împrăştierea valorilor dimensiunilor elementelor structurale este mică, toleranţele dimensionale fiind privite în acest caz ca variaţii maxime admise la recepţie.

La elementele din beton armat, variaţia valorilor dimensiunilor depinde de calitatea cofrajelor şi tehnologia de execuţie folosită.

Se remarcă variaţii şi la valoarea greutăţii specifice a materialelor. La oţelul laminat această variaţie este neglijabilă, iar la elementele din beton monolit ajunge până la 5%, datorită compactării neuniforme.

Toleranţele pentru elementele din beton armat prefabricate, comparativ cu cele monolite, sunt considerabil mai mici.

Acţiunile permanente sunt, de obicei, reprezentate pe schemele de încărcări cu sarcină uniform distribuită pe lungimea elementelor de construcţii (fig.12.3).

Acţiunea permanentă, fiind o încărcare gravitaţională, va fi întotdeauna verticală. În cazul unui element de construcţie înclinat , sarcina permanentă de calcul va fi multiplicată cu valoarea cosinusului unghiului.

Încărcările permanente vor fi luate în consideraţie în toate combinaţiile ce dau valoarea cea mai defavorabilă. De exemplu, în cazul unei grinzi continue, în unele secţiuni greutatea proprie nu este defavorabilă, descărcând unele câmpuri. Din această cauză, încărcarea utilă va fi pozată în şah pentru obţinerea unei valori maxime (fig.12.3).

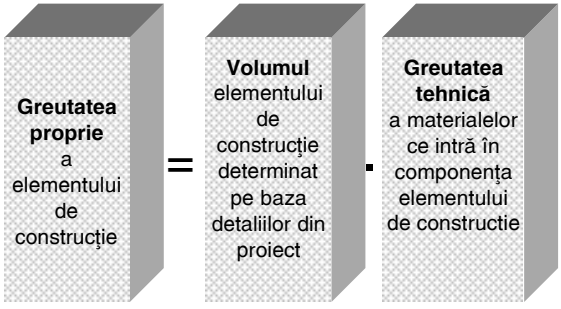
12.3. ÎNCĂRCĂRI UTILE

Încărcările utile sunt sarcinile ce apar datorită procesului de exploatare a clădirilor.

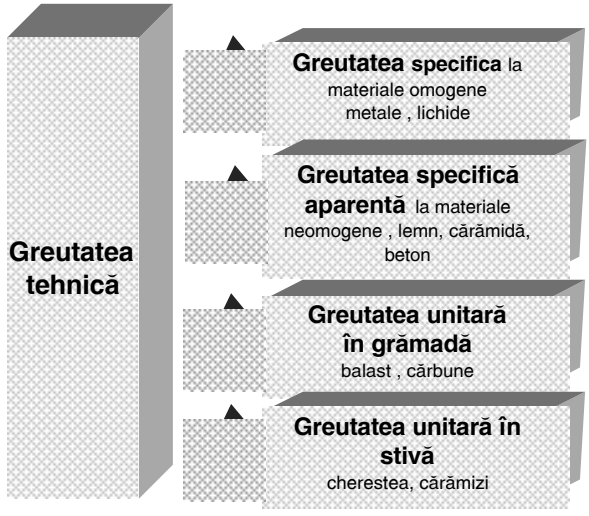
Încărcările utile normate, uniform distribuite pe planşeele clădirilor civile, pot fi: greutatea oamenilor, greutatea

Acţiuni permanente şi utile

I. Determinarea greutăţii proprii a elementelor de construcţie



Tipuri de greutăţi tehnice



II. Încărcări utile

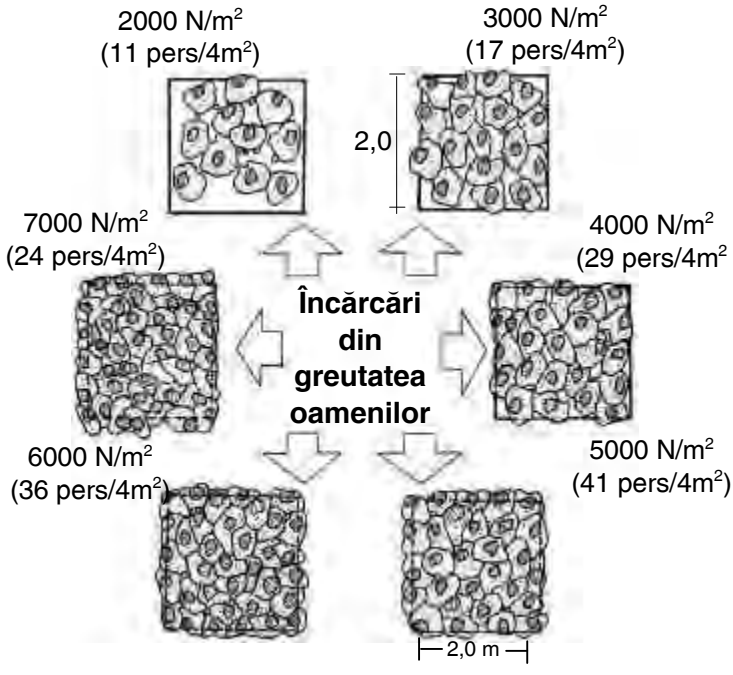
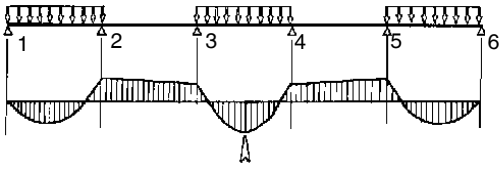


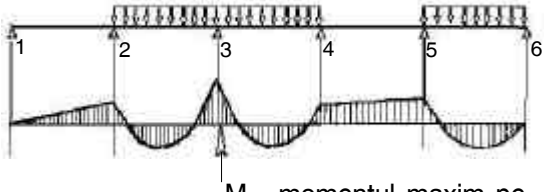
Fig. 12.2 Acţiuni permanente. Determinarea greutăţii proprii. (I.) Încărcări utile din greutatea oamenilor. (II.)

Acţiuni în construcţii. Scheme de încărcare

Ipoteze defavorabile de încărcare cu sarcini utile pentru obţinerea unor solicitări maxime (în câmp, pe reazem) la grinzi continue.



M_{3-4} momentul maxim în câmp, care se obţine în panoul incărcat (3-4) iar cele alăturate sunt descarcate (2-3 si 4-5).



M_3 momentul maxim pe reazem,care apare prin incarcarea a doua panouri adiacente (2-3 si 3-4) iar restul grinzii se incarca in sah.

Schemele de încărcare la un cadru etajat

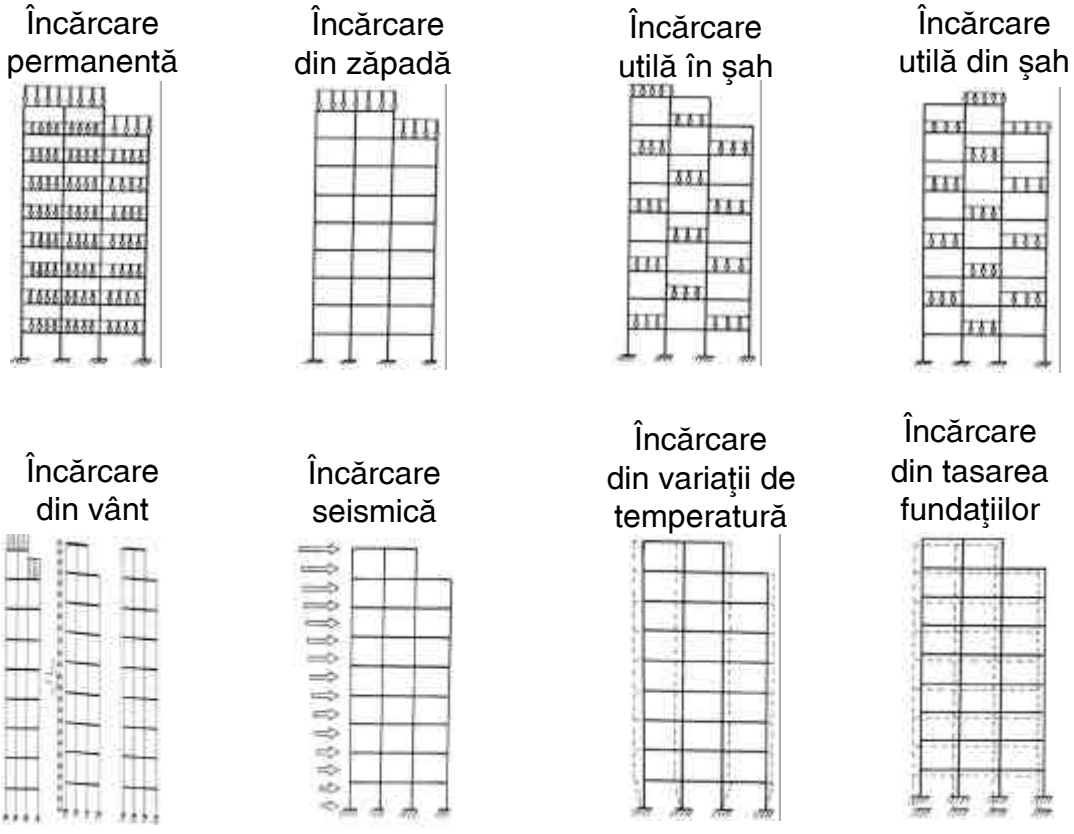


Fig. 12.3 Acţiuni în construcţii. Scheme de încărcare

mobilierului, greutatea materialelor depozitate.

În standarde, încărcările utile sunt definite ca încărcări statice echivalente probabile (repartizate uniform), pentru anumite destinaţii. De exemplu, la clădiri de locuit încărcările utile se consideră din greutatea oamenilor şi a mobilierului, având valori diferite în încăperi (1500 N/m^2), comparativ cu cele de pe culoare sau scări (3000 N/m^2).

Valorile sarcinilor utile sunt în general rezultatul experienţei şi interpretării inginereşti. Valorile recomandate în standarde sunt cele minime.

Aglomerarea de oameni este condiţionată de destinaţia spaţiilor şi de amplasamentul mobilierului .

În cazul încărcărilor din greutatea oamenilor se poate menţiona că pentru valori de peste 2000 N/m^2 persoanele nu se pot deplasa liber, iar în cazul valorilor de peste 4000 N/m^2 aglomerările de oameni sunt compacte. În cazul valorilor de peste 6000 N/m^2, întalnite rar în realitate, sunt situaţii total neconfortabile (fig.12.2.II).

Încărcarea utilă din greutatea pereţilor despărţitori, cu forme complicate în plan şi cu posibilităţi ulterioare de modificare a poziţiei, este dată în standarde, sub formă de sarcină echivalentă uniform distribuită. Această încărcare este funcţie de greutatea pe metru liniar a pereţilor despărţitori.

În vederea unei proiectări raţionale şi economice, încărcările utile folosite la calculul stâlpilor, grinzilor, pereţilor portanţi, fundaţiilor, se vor micşora prin intermediul unor factori de reducere.

La grinzi, acest factor depinde de suprafaţa aferentă încărcării utile, iar la stâlpi de numărul de planşee considerate deasupra secţiunii calculate.

Această micşorare a încărcării utile ţine seama de posibilitatea reală de a nu se atinge în exploatare, integral pe toată suprafaţa nivelului sau simultan pe toate etajele, intensitatea maximă a încărcării utile. Planşeele încărcate cu sarcină utilă pot avea următoarele scheme de încărcare: încărcare completă, absenţa încărcării sau încărcarea parţială pentru obţinerea unei ipoteze defavorabile.

12.4. ÎNCĂRCĂRI DATE DE ZĂPADĂ

Încărcarea climatică din zăpadă este frecventă în ţara noastră.

Încărcarea dată de zăpadă este influenţată de greutatea stratului de zăpadă pe teren orizontal, de condiţiile de expunere a construcţiilor şi de forma acoperişurilor (fig.12.4.I, II).

Intensitatea normată a zăpezii se determină cu relaţia:

$$p_z^n = c_{zi} \cdot c_e \cdot g_z \ \text{(kN/m}^2\text{)} \qquad (12.1)$$

în care:

g_z - greutatea stratului de zăpadă;

c_e-coeficient influenţat de condiţiile de expunere a clădirii;

c_{zi}- marchează aglomerarea cu zăpadă.

Încărcarea dată de zăpadă

I.

Încărcarea normată dată de **zăpadă** = **Greutatea stratului de zăpadă** pe terenul orizontal • Condiţii de **expunere a construcţiei** • Influenţa **formei acoperişului**

II.

Încărcarea de calcul dată de **zăpadă** = **Încărcarea normată** dată de **zăpadă** • **Coeficent** parţial de **siguranţă**

III.

A $g_z = 0{,}9$ kN/m^2

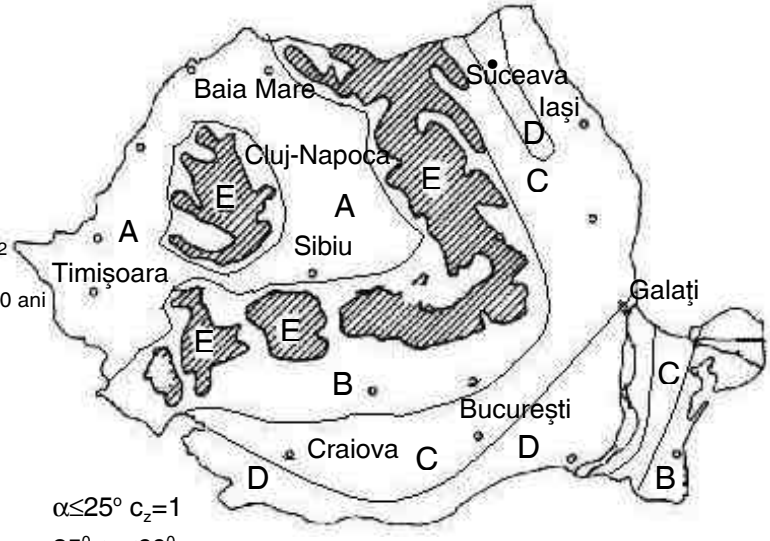
B $g_z = 1{,}2$ kN/m^2

C $g_z = 1{,}5$ kN/m^2

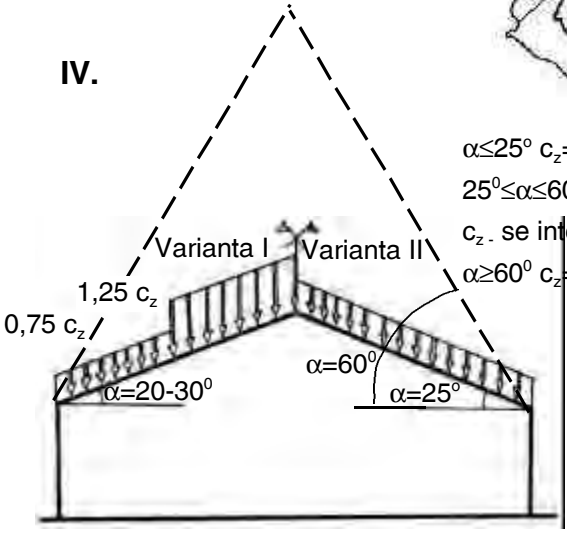
D $g_z = 1{,}8$ kN/m^2

E $g_z = 1{,}5 - 7{,}2$ kN/m^2 (altitudine 700 - 2500 m)

La perioada de revenire de 10 ani



IV.



$\alpha \le 25^o$ $c_z=1$

$25^0 \le \alpha \le 60^0$

c_z - se interpolează liniar

$\alpha \ge 60^0$ $c_z=0$

Fig. 12.4 Încărcarea dată de zăpadă. I. Factori ce influenţează. II. Încărcarea de calcul. III. Zonificarea ţării funcţie de grosimea stratului de zăpadă. IV. Influenţa pantei acoperişului asupra valorii încărcării din zăpadă.

Greutatea stratului de zăpadă, în proiecţie orizontală, se obţine prin înmulţirea valorii grosimii maxime a stratului de zăpadă cu greutatea specifică medie pe adâncimea zăpezii.

Greutatea stratului de zăpadă se determină prin calcule statistice asupra observaţiilor meteorologice a grosimii stratului de zăpadă.

Grosimea stratului de zăpadă, ca valoare maximă anuala, este determinată cu probabilitatea de a fi depăşită pe o perioadă de revenire de 10, 20, 50 de ani.

Menţionăm că la noi în ţară o iarnă excepţională a fost în anul 1954, când grosimea medie a stratului de zăpadă a variat între 109 - 173 cm, iar în anumite locuri datorită aglomerărilor s-a ajuns la înălţimi de 400 - 600 cm.

Cealaltă componentă, care intră în valoarea greutăţii stratului de zăpadă, este greutatea specifică medie. Acest parametru este dificil de determinat datorită faptului că zăpada prospătă se depune peste stratul aşezat anterior, eventual întărit sau umezit.

Greutatea specifică este deci funcţie de grosimea şi îndesarea stratului de zăpadă.

Greutatea stratului de zăpadă (g_z) este indicata , prin zonare, pe harta din fig.12.4.III.

Aglomerarea de zăpadă este indicată în standarde pentru formele uzuale de acoperişuri. Zăpada se depune pe suprafeţele înclinate până la 60^0 ale acoperişurilor, iar peste 60^0 stratul de zăpadă va aluneca (fig.12.4.IV).

Datorită faptului că viscolul, care produce aglomerarea cu zăpadă este un fenomen complex, practic este greu să se prevadă toate cazurile posibile de aglomerare cu zăpadă.

Modelarea aglomerărilor cu zăpadă se poate realiza în tunelurile aerodinamice, folosind materiale cu proprietăţi asemănătoare zăpezii (rumeguşul, pilitura din lemn de brad).

Forma şi mărimea aglomerărilor cu zăpadă au o importanţă mare asupra determinării rezistenţei şi stabilităţii acoperişurilor cu forme deosebite.

Condiţiile de expunere la zăpadă sunt influenţate de gradul de adăpostire al clădirii (de exemplu, clădirea înconjurată şi adăpostită de copaci), de frecvenţa şi intensitatea vântului, de gradul de izolare al clădirii şi de obstacolele de pe acoperiş (captatoare solare).

Expunerea la zăpadă poate fi determinată şi de obstacolele de pe acoperişul clădirilor, ce stau în calea curentului de aer, care modifică spulberarea zăpezii: coşuri de fum, luminatoare.

12.5. ÎNCĂRCĂRI DATE DE VÂNT

Acţiunea vântului asupra clădirilor va participa la calculele de dimensionare a structurilor de rezistenţă ale clădirilor. În funcţie de sensibilitatea la acţiunea vântului, construcţiile se împart în trei categorii : C_1, C_2 şi C_3 .

Încărcările din vânt au un caracter dinamic, care se neglijează la clădirile obişnuite (excepţie făcând construcţiile zvelte), considerându-se aplicate static

(C_1). Această aproximare este justificată prin faptul că aceste clădiri, prin resursele interioare, se adaptează la solicitarea dinamică.

La clădirile foarte înalte zvelte - încărcarea din vânt este o acţiune fundamentală. În acest caz este bine să se realizeze analize statistice ale variaţiei aleatoare a vitezei vântului.

Acţiunea dinamică sau statică a vântului pe clădiri depinde în egală măsură de caracteristicile vântului şi ale structurii de rezistenţă a clădirii.

Direcţia vântului. Vântul se va considera că acţionează din orice direcţie în raport cu clădirea.

În calcule, vântul acţionează ca o forţă orizontală, iar direcţia lui coincide cu cea a axelor principale de inerţie. Direcţia este perpendiculară pe suprafaţa acţionată de vânt. În cazul în care clădirea are axe de simetrie, acestea vor fi referinţele direcţiei de acţiune a vântului. În situaţia particulară a stâlpilor prismatici din zăbrele, direcţia vântului se consideră orientată şi după diagonală.

Viteza vântului. Caracteristică a circulaţiei atmosferei, viteza vântului se produce datorită diferenţelor de presiune dintre două regiuni ale Terrei. Clădirile din calea vântului vor transforma energia cinetică de mişcare în energie potenţială de presiune.

Viteza vântului se înregistrează cu anemometre în zone fără obstacole, în afara oraşelor sau pe clădiri înalte. Intervalul de timp pentru medierea vitezei vântului, care influenţează valorile obţinute, este diferit în prescripţiile diverselor ţări. Intervalul de mediere corect trebuie să fie cuprins între 10-20 minute.

Analizând variaţia în timp a vitezei vântului , se constată că e compusă din doi termeni: viteza medie, componenta constantă, de joasă frecvenţă şi viteza rafalelor componentă variabilă de înaltă frecvenţă.

Presiunea dinamică a vântului. Valorile presiunilor dinamice ale vântului ,la 10 m deasupra terenului plat, sunt proporţionale cu pătratul vitezelor (fig. 12.5.II):

$$g_v = \frac{\rho \cdot v_{2m}^2}{2} = \frac{v_{2m}^2}{1630} (kN/m^2) \quad (12.2)$$

în care:

Δ - densitatea aerului ($1{,}225.10^{-3}$ t/m^3)

v_{2m} viteza mediată pe 2 minute (cu perioadă de revenire de 10 ani) - m/s;

Vitezele medii ale vântului vor determina presiunile dinamice - pentru structurile clădirilor cu răspuns static, iar vitezele rafalelor vor implica luarea în consideraţie a presiunii dinamice pentru structurile cu răspuns dinamic la vânt.

Presiunea dinamică a vântului variază continuu pe verticală (fig.12.5.III). În proiectare se vor folosi diagrame simplificate, în trepte sau liniare. Valorile presiunii dinamice de bază, la noi în ţară ca şi în alte ţări, sunt date funcţie de o zonare regională (fig.12.5.II). În standardul românesc, presiunea

Încărcarea dată de vânt

I.

Încărcarea vântului asupra clădirii = **Efectul dinamic** (fluctuant) al vântului • **Forma clădirii** şi **direcţia vântului** • Variaţia presiunii vântului cu **înălţimea clădirii** • **Presiunea vântului** la baza clădirii

II.

A - 0,45 kN/m^2
B - 0,55 kN/m^2
C - 0,70 kN/m^2
D - 0,85 kN/m^2

E - 0,45...1,8 kN/m^2
H=800..2400 m

Baia Mare, Suceava, Cluj-Napoca, Iaşi, Sibiu, Timişoara, Galaţi, Craiova, Bucureşti

III.

H

g_H/g_{10}

$$g_H = g_{10}\left(\frac{H}{10}\right)^{2\alpha}$$

g_H - presiunea vântului la H
H - înălţimea construcţiei
g_{10} - presiunea de bază a vântului
α - coeficient ce depinde de modul de expunere la vânt

IV. Secţiune

Vânt, C_{n1}, C_{n2}, C_{n3}, α, H, l, +0,8

Distribuţie reală

$$C_{n1} = f\left(\alpha \cdot \frac{H}{l}\right)$$

$$C_{n2} = f\left(\frac{H}{l}\right)$$

$$C_{n3} = f\left(\frac{H}{l} \cdot \frac{B}{l}\right)$$

Plan

Distribuţie convenţională

Vânt, +0,8, C_{n3}, B, l

Fig. 12.5 Încărcări date de vânt. I. Factorii care determină încărcarea din vânt. II. Zonarea presiunii de bază a vântului. III. Variaţia presiunii vântului cu înălţimea. IV. Influenţa direcţiei vântului şi formei clădirii

dinamică a vântului este indicată din 10 în 10 m până la 150 m şi din 50 în 50 m până la 350 m.

Presiunea vântului pe clădiri cu răspuns static. Acţiunea vântului pe clădiri cu răspuns static se manifestă sub formă de presiune, pe suprafeţele expuse direct şi prin sucţiune pe suprafeţele ferite, dar antrenate de vânt. Presiunea vântului pe clădiri cu răspuns static (C_1) poate fi exprimată printr-o ecuaţie de tipul:

$$P_v = f(v).f(A).f(F) \qquad (12.3)$$

În care viteza (v), aria expusă (A) şi forma clădirilor (F) sunt considerate ca variabile independente. În această relaţie, f(v) reprezintă simbolic presiunea dinamică a vântului $p_v=f(v^2)$, f(A) - suprafaţa expusă a clădirii, iar f(F) - coeficienţii aerodinamici (c_n, c_h, c_f, c_t). În calculul valorilor normate ale presiunii vântului se vor lua în consideraţie următoarele componente:

- componenta normală a presiunii vântului pe suprafaţa expusă (sarcina distribuită), fig.12.5.I.

$$p_n^n = \beta \cdot c_{ni} \cdot c_{h(z)} \cdot g_v \quad (kN/m^2) \qquad (12.4)$$

în care:

∃ - coeficient de rafală;

c_{ni} coeficient aerodinamic pe suprafaţa i

$c_{h(z)}$ coeficient de variaţie a presiunii dinamice de bază (în raport cu terenul) la înălţimea z;

g_v presiunea dinamică de bază (până la înălţimea de 10 m), fig. 12.5.II;

- componenta tangenţială de frecare, a presiunii vântului pe suprafaţa expusă (sarcină distribuită), se determină cu relaţia:

$$p_f^n = \beta \cdot c_f \cdot c_{h(med)} \cdot g_v \qquad (kN/m^2) \qquad (12.5)$$

în care:

c_f coeficient de frecare (c_f =0,025);

$c_{h(med)}$ coeficient de variaţie a presiunii dinamice de bază în raport cu înălţimea medie deasupra terenului.

Aceste componente au în general valori mici şi se neglijează în afară de cazul construcţiilor uşoare, cu suprafeţe mari, unde această componentă poate conduce la smulgerea învelitorii.

- rezultanta încărcărilor din vânt (sarcina concentrată). Se determină pe ansamblul elementelor de construcţii. Valoarea rezultantei încărcării se determină cu relaţia:

$$P_t^n = \beta \cdot c_t \cdot c_{h(med)} \cdot g_v \cdot A_t \, (kN/m^2) \qquad (12.6)$$

în care:

A_t - aria totală expusă acţiunii vântului;

c_t coeficientul aerodinamic al rezultantei presiunii vântului.

Coeficienţii aerodinamici. Dispersia valorilor coeficienţilor aerodinamici este cauzată de faptul că valorile din standarde nu iau în consideraţie explicit rapoartele dimensiunilor clădirii, iar metodele de modelare diferă în diverse ţări (modul de apreciere a mediilor acestor coeficienţi pe suprafaţă).

Aceşti coeficienţi depind de forma clădirii şi de poziţia ei faţă de curentul de aer (fig.12.5.IV).

La clădirile cu răspuns static C_1, cu forme dreptunghiulare sau pătrate în plan, cu pereţi verticali impermeabili la trecerea vântului, coeficienţii aerodinamici sunt funcţie de rapoartele dimensiunilor clădirilor (h/l, b/l, f/l), de pantele acoperişurilor (0, *) (fig.12.5.IV). În standarde se dau valorile coeficienţilor aerodinamici şi pentru alte forme de acoperiş, cu o singură sau mai multe deschideri.

În cazul construcţiilor deschise sau cu pereţi penetrabili (clădiri cu deschideri mari, hangare), în funcţie de procentajul de goluri la valorile coeficienţilor aerodinamici exteriori, se adaugă şi cei interiori.

Coeficientul aerodinamic al rezultantei acţiunii vântului (c_t), pentru grinzi sau turnuri cu zăbrele, se determină funcţie de raportul între aria zăbrelelor (S_i) şi aria dată de conturul elementului cu zăbrele (S) -coeficient de umplere($\sum S_i / S$).

La turnurile cilindrice sau prismatice, coeficienţii aerodinamici de antrenare sunt funcţie de rugozitatea feţei exterioare (netedă sau cu nervuri), de zveltеţe (raportul între înălţimea turnurilor din beton armat, metal sau lemn şi dimensiunile acestora în plan) şi de numărul Reynolds.

În zonele clădirii care reprezintă discontinuităţi faţă de forma construcţiei în ansamblu (muchiile, parapetele balcoanelor, cornişe, aticuri, vârfurile coşurilor, luminatoare), coeficienţii aerodinamici se vor majora datorită efectelor locale ale vântului.

Presiunea vântului pe clădiri cu răspuns dinamic. Concepţia şi calculul clădirilor înalte sunt influenţate esenţial de acţiunea încărcărilor din vânt.

Construcţiile sensibile la acţiunea vântului sunt: stâlpii liniilor electrice aeriene, turnurile, coşurile de fum (T>0,25s), clădiri înalte ce depăşesc 40m sau T>1s (constructii - C_2); turnuri de televiziune, antene şi coşuri de fum peste 150m (C_3).

Efectele dinamice depind de caracteristicile mecanice şi aerodinamice ale clădirilor înalte. Aceste efecte dinamice se manifestă sub formă de oscilaţii forţate sau autoexcitante ale clădirilor înalte. Oscilaţiile forţate se produc sub acţiunea rafalelor de vânt. Oscilaţiile autoexcitante au loc la clădiri cu secţiuni instabile aerodinamic (de formă pătrată, dreptunghiulară).

Rafalele vântului vor acţiona asupra clădirilor cu forţe neregulate, repetate şi variabile ca durată.

Efectele dinamice, datorită acestei creşteri bruşte, influenţată de sporirea vitezei, a forţei vântului, sunt introduse în calculul structurilor printr-o serie de coeficienţi dinamici.

Unul dintre aceşti coeficienţi este ∃ (are valoarea 1,6 pentru construcţiile puţin sensibile la vânt C_1), care depinde de caracteristicile dinamice ale

structurii şi proprietăţile turbulenţei vântului (C_2):

$$\beta = 1 + \mu(z) \cdot \beta_0(\varepsilon) \qquad (12.7)$$

în care:

:(z) factor de turbulenţă ce este funcţie de înălţimea de deasupra terenului (z) şi de tipul de amplasament (deschis câmpii, silvostepe în oraşe; în centrul oraşelor cu densitate mare construită - clădiri peste 30 m);

$\exists_0(\gamma)$-coeficient de amplificare a efectului fluctuaţiilor ce este funcţie de perioada proprie fundamentală de oscilaţie a structurii (T) de viteza de calcul a vântului mediată pe 2 minute ($v_0^{(2\min)}$), de un coeficient de siguranţă la acţiunea vântului ($(_F)$ şi de fracţiunea din amortizare critică, care este funcţie de natura materialului beton armat, zidărie, oţel. (n_0);

Efectul de rezonanţă, la clădirile înalte sub formă de turnuri, poate apărea când perioada proprie de vibraţie a clădirii şi perioada vârtejurilor vântului sunt apropriate.

Perioada proprie a vârtejurilor este funcţie de lăţimea sau diametrul construcţiei înalte, de numărul lui Strouhal (care depinde de rugozitatea suprafeţei, forma şi vâscozitatea clădirii) şi viteza vântului.

Verificarea la rezonanţă se face cu relaţia:

$$\frac{v_0}{2} \le v_{cr.r} = \frac{d}{T_r \cdot S_h} \le 25 m/s \qquad (12.8)$$

în care:

v_0 viteza de calcul a vântului (m/s), ce este, în funcţie de viteza mediată pe 2 minute, multiplicată cu coeficientul de siguranţă ($(_F)$;

$v_{cr.r}$- viteza critică a vântului corespunzătoare modului propriu r de vibraţie (m/s);

d - lăţimea sau diametrul clădirii înalte;

T_r perioada proprie de ordinul r a construcţiei;

S_h- numărul lui Strouhal.

Fenomenul de rezonanţă apare la viteze scăzute ale vântului V_{cr} <25 m/s.

Deplasarea totală orizontală a clădirilor înalte, datorită vântului, are în componenţa sa şi deplasările laterale fluctuante datorită rafalelor de vânt. Deplasările orizontale depind de rigiditatea laterală a clădirii.

Deplasările laterale datorită rafalelor, la care se adaugă şi acceleraţia mişcării pot afecta confortul locatarilor.

Acestea pot produce efecte nefavorabile în transmiterea sarcinilor gravitaţionale sau degradarea pereţilor despărţitori, a ferestrelor. Datorită acestui fapt, deplasarea maximă la vârful clădirilor - de exemplu structuri cu cadre (sau diafragme) - este de 0,02 H, în care: H - înălţimea totală a structurii (iar deplasarea relativă de nivel este mai mică de 3,8 mm).

12.6. ÎNCĂRCĂRI DATE DE TEMPERATURA EXTERIOARĂ

Variaţiile de temperatură ce acţionează asupra clădirilor, se datoresc modificărilor climatice ce se petrec sezonier sau zilnic. Ele se manifestă: la exterior, între interior şi exterior; între

diferitele părţi ale aceluiaşi element de construcţii.

Variaţiile de temperatură între interior şi exterior se manifestă în afara modificărilor climatice (de exemplu, vara între faţa însorită a unui zid de sprijin şi faţa lui opusă) şi datorită regimului termic al unor utilaje.

Consecinţele variaţiilor de temperatură asupra clădirilor se manifestă prin: dilatarea pereţilor longitudinali (ce produce fisuri verticale), dilatarea structurii (fisuri între structura şi zidăria de umplutură sau chiar fisuri în structură) şi dilatarea acoperişurilor tip terasă, din beton armat (fisuri orizontale între acoperiş şi pereţii din zidărie sau/şi fisuri înclinate în zidărie la colţul clădirii).

În vederea evitării sau micşorării efectelor variaţiilor de temperatură se vor considera următoarele **măsuri constructive**: legături elastice între diferite elemente structurale; rosturi de dilatare; izolaţii termice, protecţii reflectorizante; dimensionarea elementelor de construcţii pentru preluarea efectelor variaţiilor de temperatură. Aceste măsuri se vor lua în considerare, pentru evitarea efectelor din variaţii de temperatură, la concepţia elementelor structurale ale clădirii. În consecinţă se limitează intervalul de variaţie a temperaturii.

Determinarea încărcării de calcul din variaţii de temperatură se realizează cu relaţia:

$$\Delta T^c = n \cdot \Delta T^n \qquad (12.9)$$

în care:

n - coeficientul de încărcare;

ΔT^n - variaţia de temperatură normată, ce se determină cu relaţia:

$$\Delta T^n_{\pm} = T^n_{\pm} - T^0_{\pm} \qquad (12.10)$$

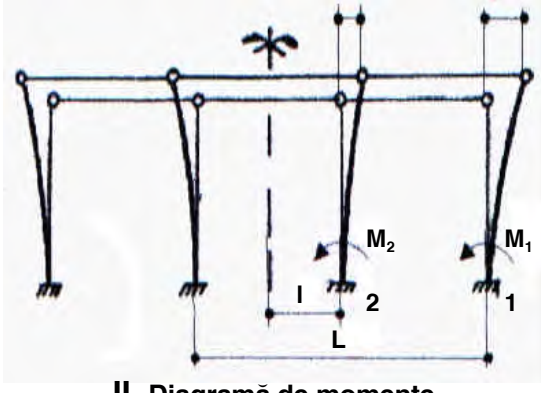
în care:

$T^n_{\pm}$ - temperatura normată a aerului exterior în lunile de vară (iarnă) ;

$T^0_{\pm}$- temperatura iniţială, corespunzătoare perioadei încheierii construcţiei în sezonul cald sau rece.

Încărcări date de temperatura exterioară

I. Schemă de deformare



II. Diagramă de momente

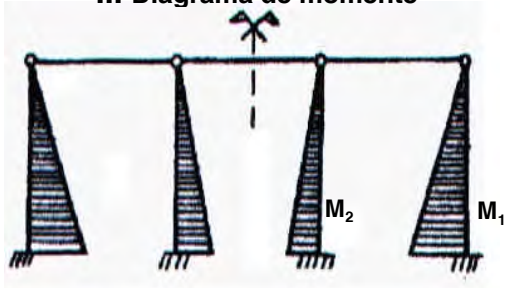


Fig.12.6. Încărcări date de temperatura exterioară. I. Schemă de deformare. II. Diagramă de momente

Variaţia de temperatură normată se limitează la $\pm 40^0$ C, pentru construcţii metalice neînglobate în beton armat şi

$\pm 30^0$ C, pentru construcţii de zidărie şi de beton armat. De exemplu la cadru din fig. 12.6.I, II, deformaţia impusă, din alungirea riglei datorită variaţiei de temperatură este dată de relaţia:

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta T^c \cdot L \qquad (12.11)$$

în care :

α - coeficient de dilatare funcţie de material;

ΔT^c - intervalul variaţiei de temperatură de calcul;

L - distanţa de la marginea elementului care se dilată până la punctul neutru al sistemului unde se cumulează deformaţiile axiale ale riglei.

Alungirea riglei cadrului (deformaţia impusă) datorită variaţiei de temperatură va fi împiedicată de stâlpul cadrului. În acest element structural apar eforturi suplimentare preluate de o dimensionare corespunzătoare.

12.7. ÎNCĂRCĂRI SEISMICE

Cutremurele de pământ sunt fenomene fizice complexe caracterizate printr-o mişcare bruscă şi dezordonată a scoarţei terestre. Aceste fenomene sunt provocate de eliberări masive de energie, care se produc în adâncime.

Cauzele care pot provoca cutremurele sunt: activitatea vulcanică, prăbuşiri ale structurilor de adâncime, explozii naturale sau artificiale şi mişcări tectonice (fig. 12.7). Cutremurele tectonice sunt cele mai frecvent întâlnite şi au efectele de distrugere
cele mai mari.

Originea cutremurelor tectonice se explică prin teoria tectonicii plăcilor şi a derivei continentelor. Scoarţa pământului este alcătuită dintr-un număr de plăci rigide, în mişcare continuă. La separaţia dintre aceste plăci - falii - se acumulează lent o tendinţă de lunecare. Şocul seismic se produce (după atingerea capacităţii limită de acumulare a deformaţiilor elastice) datorită unor lunecări bruşte în lungul faliilor, prin învingerea unor praguri de rezistenţă la forfecare a rocilor. Această transformare bruscă în energie cinetică, prin eliberarea energiei potenţiale de deformaţie (ce s-a acumulat în timp), conduce la o separare prin ruperea rocilor a celor două zone ale scoarţei, printr-o falie - suprafaţă de ruptură. Conturul zonei de lunecare a plăcilor poartă numele de focar sau hipocentru, iar punctul pe verticala focarului de la suprafaţa terenului, se numeşte epicentru. Mişcarea bruscă (energie cinetică) se transmite prin unde seismice.

Undele seismice se propagă prin globul terestru (fig 12.5.III), considerat ca un corp elastic prin:

- unde longitudinale (primare - P), ce se transmit prin mişcări de contracţie şi dilataţie a mediului; un punct va descrie o mişcare oscilatorie pe direcţia radială faţă de focar;
- unde transversale (secundare - S) la care mişcarea se transmite prin forfecări ale mediului; un punct va descrie o mişcare oscilatorie pe o direcţie perpendiculară faţă de direcţia de propagare.

Cauzele cutremurelor

Externe.
Ciocnirea unor meteoriţi cu Pământul.
Apropierea de Pământ a unei comete.
Trecerea Pământului în conjuncţie cu alte planete.
Forţe provocate de maree.
Căderi mari de presiune atmosferică.

Interne.
Cutremure de prăbuşire. Caracteristici: intensitate slabă, se resimt pe arie mică, apar în regiuni cu goluri carstice prin prăbuşirea tavanelor acestora.
Seisme vulcanice. Caracteristici: intensităţi diferite resimţite pe suprafeţe mici (zeci de km^2) produse de exploziile din coşul vulcanic înaintea sau în timpul erupţiei.
Seisme tectonice. Caracteristici: intensitate mare, sunt mai frecvente, provin din mişcări de aşezare ale plăcillor scoarţei, apar de-a lungul faliilor, cristalizările bruşte de roci în stare lichidă din addâncimea scoarţei se realizează cu degajări mari de presiune şi căldură.

Fig.12. Schema cauzelor ce determină cutremurele

Undele longitudinale se deplasează mai repede decât cele transversale.

După trecerea prin straturile Terrei, cu caracteristici diferite, undele de dilatare suferă multiple reflexii şi refracţii, iar la suprafaţa pământului iau naştere undele superficiale (unde lungi). Aceste unde au viteze mai mari în terenurile tari, compacte.

Caracteristicile mişcării terenului în timpul cutremurului pot fi măsurate cu seismometre şi accelerografe . Aceste aparate sunt, în principiu, penduli cu o anumită perioadă de vibraţie proprie şi anumite caracteristici de amortizare. Aparatele sunt prevăzute cu dispozitive de înregistrare a componentelor mişcării seismice după cele trei direcţii perpendiculare.

Cutremure moldavice. Cutremurele violente ce au bântuit ţara noastră îşi au originea în sudul Moldovei, în zona Vrancei (fig.12.8.II).

Se menţionează că cele mai puternice cutremure au avut loc în anul 1471 (a fost avariată Mănăstirea Neamţ), în 1620, în 1738, (a fost distrus Turnul de la Curtea Domnească din Bucureşti), în 1802 ("Cutremurul cel mare") a provocat prăbuşirea Turnului Colţei - cea mai înaltă clădire a Bucureştiului din acea perioadă, în 1940 (prăbuşirea blocului Carlton din Bucureşti - construcţie pe schelet de

beton armat cu 14 niveluri) şi din 1977 (unde în Bucureşti s-au prăbuşit blocurile Scala, Belvedere, Casata, Nestor şi altele).

Focarul seismic din Vrancea este amplasat la exteriorul curburii munţilor Carpaţi, între paralelele de 45^0 şi 46^0, iar în adâncime este situat între 100 şi 200 km. Hipocentrul din Vrancea se află într-o mişcare lentă, continuă, determinată de tendinţele plăcilor tectonice. Orice discontinuitate a acestei mişcări dă naştere la seism.

Cutremurul din 1977 a fost alcătuit dintr-un preşoc (M=5) şi trei şocuri (M=6,5); (M=6,5); (M=7,2), la adâncime cuprinsă între 80 - 110 km (fig.12.8.IV).

Scări de intensitate seismică. Criteriile cantitative şi calitative a şocului seismic sunt materializate în scările de intensitate seismică. Ele au la bază efectul pe care cutremurul îl produce asupra oamenilor, clădirilor, fiind înregistrat de seismometre şi accelerografe.

Scările de intensitate seismică ne dau gradul de intensitate al cutremurului.

Scara Mercalli modificată (MM) clasifică efectele seismului în 12 grade de intensitate. Pentru fiecare grad de intensitate seismică are descrisă comportarea oamenilor şi animalelor, deplasările scoarţei şi efectele asupra clădirilor. Încadrarea cutremurului într-o grupă de intensitate seismică are un caracter subiectiv.

Scara magnitudinii Richter. Magnitudinea (M) unui cutremur se defineşte prin relaţia:

$$M = \log A - \log A_0 \qquad (12.12)$$

în care:

A - amplitudinea maximă înregistrată pe seismograful Wood - Anderson, amplasat la 100 km de epicentru;

A_0 - amplitudinea de referinţă (1/1000 mm).

Magnitudinea (M) poate fi corelată cu cantitatea de energie eliberată de seism, printr-o relaţie empirică ($\log E = 11,8 + 1,5M$).

Se observă că o creştere a magnitudinii cu o unitate conduce la o mărire a energiei cu 32. Cutremurele cu magnitudinea M<5 nu produc avarii în structura de rezistenţă, producând însă avarii în celelalte elemente ale construcţiei.

Magnitudinea (M) - măsură a energiei seismice dezvoltate în focar fără a lua în consideraţie distanţa faţă de epicentru - nu este suficientă pentru a indica efectele seismului asupra clădirilor.

Determinarea forţelor seismice.

Cutremurele tectonice se transmit prin scoarţa terestră sub formă de unde seismice, care vor impune mişcarea fundaţiilor clădirilor. Acestei mişcări i se va opune inerţia proprie masei clădirilor, generând forţele seismice (forţe de inerţie).

Forţele seismice au un caracter dinamic a căror intensitate variază rapid în timp, fiind de natură aleatorie.

Estimările asupra caracteristicilor cutremurilor sunt rezultatul unor observaţii cu un grad înalt de incertitudine.

La concepţia structurilor de rezistenţă a clădirilor, fenomenul seismic se va schematiza, considerându-se forţele seismice ca forţe statice.

Acţiunile seismice se vor determina pe baza teoriei vibraţiilor liniare şi parţial a celor neliniare.

În proiectarea clădirilor în zone seismice, se vor considera numai componentele orizontale ale forţelor de inerţie ce acţionează după axele principale ale structurii (după direcţiile ortogonale).

În unele cazuri (planşee - dală, elemente cu forţe axiale mari) apare necesară verificarea structurilor de rezistenţă la componentele verticale, în special în apropierea epicentrului. Valorile acţiunilor seismice vor depinde de caracteristicile mişcării seismice (intensitate, magnitudine) şi de proprietăţile dinamice ale clădirilor (perioada şi formele proprii de vibraţii, amortizarea sistemului).

Structurile de rezistenţă admit un model dinamic simplificat, reprezentat de exemplu, pentru cadre etajate, printr-o consolă cu mase concentrate în dreptul planşeelor (fig.12.10.I).

Forţa tăietoare de bază, ce reprezintă rezultanta încărcărilor seismice corespunzătoare direcţiei de mişcare considerate pentru modul propriu de vibraţie al structurii (r), este proporţională cu rezultanta încărcărilor gravitaţionale a întregii clădiri (G), fig.12.9.I.

Sarcina seismică ce acţioneză asupra clădirii are expresia:

$$S_r = c_r \cdot G \qquad (12.13)$$

în care:

$$c_r = \alpha \cdot k_s \cdot \beta_r \cdot \psi \cdot \varepsilon \qquad (12.14)$$

c_r - coeficient seismic global la modul de vibraţii r (spectrul de răspuns al structurii), fig. 12.9.II ;

α - coeficient de importanţă a clădirii;

k_s - coeficient funcţie de zona seismică;

β_r - coeficient de amplificare dinamică în modul de vibraţii (r), influenţat de compoziţia spectrală a cutremurului pe amplasament - fig.12.9.III;

ψ - coeficient de micşorare a acţiunii seismice, influenţat de ductilitatea structurii, de capacitatea de redistribuţie a eforturilor, de rezerva de rezistenţă neconsiderată în calcul şi efectele de amortizare a vibraţiilor suplimentare, altele decât cele ale structurii de rezistenţă;

ε_r - coeficientul de echivalenţă între sistemul real şi un sistem cu un grad de libertate pentru modul propriu de vibraţii (r).

Coeficientul de intensitate seismică (k_s) caracterizează intensitatea cutremurului la baza clădirii în amplasamentul dat.

Unda seismică, care se propagă de la epicentru, va impune o mişcare clădirior cărora se opune inerţia acestora (clădirile nu pot urmări

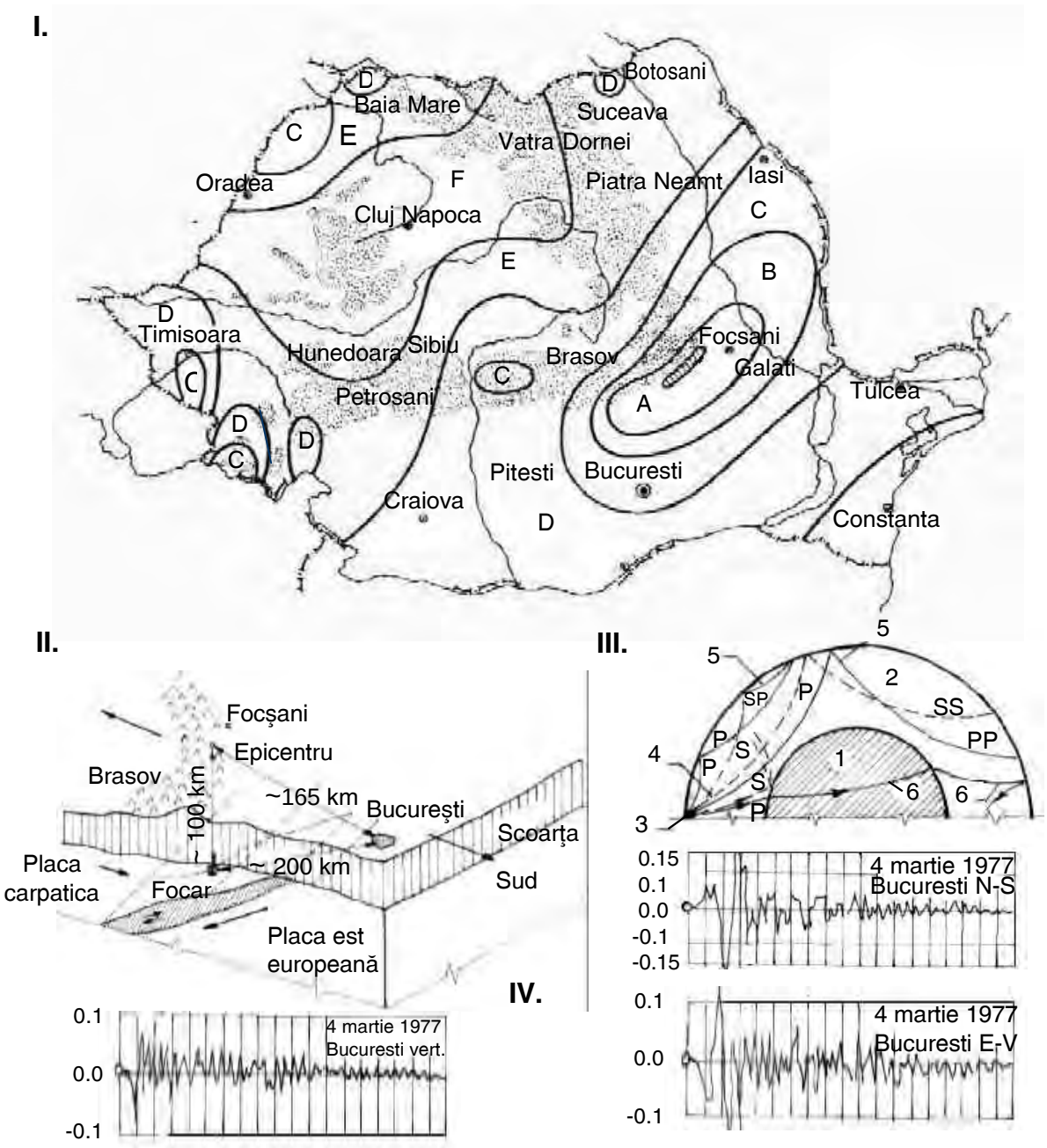


Fig. 12.8. I. Zonarea seismica a Romaniei. II. Schema mecanismului de producere a cutremurului din Vrancea 1977. II. Reflexia si refracţia undelor seismice. 1- Miezul Pământului; 2- Manta; 3- Focar; 4 - Propagarea undelor; 5- Unde reflectate; 6- Unde refractate. III. Acclelerograme ale cutremurului din Vrancea 1977. Componete N-S; E-V; verticală

mişcarea terenului şi încep să vibreze). Aceasta va genera forţe de inerţie, deci forţe seismice.

Pornind de la legea lui Newton

$$S = m \cdot a = \frac{G}{g} \cdot a = G \cdot k_s \qquad (12.15)$$

în care:

m masa clădirii;

a accelerația maximă a mişcării terenului în timpul cutremurului;

G greutatea totală a clădirii;

g accelerația gravitațională;

Coeficientul k_s este raportul între accelerația mişcării seismice a terenului din zona seismică de calcul şi accelerația gravitațională. Acest coeficient variază în cele şase zone ale țării noastre (notate de la A, cu k_s=0,32, la F cu k_s=0,08), fig.12.8.I. Coeficientul k_s este dependent de caracteristicile seismice ale zonei, având aceeaşi valoare pentru clădirile din zona respectivă.

Coeficientul α va lua în considerare protecția antiseismică a clădirilor, funcție de clasa de importanță.

Criteriile după care se gradează importanța clădirilor sunt: asigurarea măsurilor de funcționare neîntreruptă la cutremur, protecția vieților omeneşti, a valorilor economice sau/si artistice deosebite şi asigurarea împotriva degajării de substanțe toxice şi a incendiilor.

Clădirile sunt împărțite din acest punct de vedere în patru clase de importanță.

Prima clasă (I) cuprinde clădirile a căror funcționare nu trebuie să se întrerupă în timpul cutremurului şi imediat după încetarea acestuia (spitale de urgență, stații de pompieri, clădiri administrative în care se iau decizii privind organizarea măsurilor de urgență de după cutremur, clădiri de dirijare a comunicațiilor naționale şi județene, construcții din sistemul energetic național, muzee de importanță națională).

Clasa a II-a cuprinde clădiri cu aglomerații mari de persoane (spitale, săli de spectacole, de sport, biserici, centre comerciale importante, clădiri industriale cu echipamente de mare importanță economică, clădiri ce adăpostesc valori artistice, istorice sau ştiințifice deosebite şi depozite de produse de strictă necesitate pentru aprovizionarea de urgență a populației).

Clasa a III-a cuprinde restul clădirilor, de importanță normală.

Clasa a IV-a va cuprinde clădiri de importanță redusă (clădiri de locuit, parter sau parter şi etaj, construcții zootehnice).

Coeficientul de amplificare dinamică β_r este influențat de perioadele oscilațiilor proprii T_r ale clădirilor şi de condițiile seismice ale zonei de amplasament, caracterizate prin perioadele de colț T_c - fig. 12.9.III.

Deci acest coeficient depinde de raportul între perioada fundamentală a vibrațiilor proprii ale clădirii şi perioada de vibrație a terenului în momentul amplitudinii maxime a cutremurului.

Acţiunea seismică

I.

Sarcina seismică la baza clădirii = **Spectrul de răspuns a structurii** clădirii • **Greutatea** totală a clădirii

II.

Spectrul de răspuns a structurii clădirii = **Accelerația terenului** • Parametrul **condiţiilor de teren** • Corecţii pentru **amortizarea structurii** • Factor de **amplificare a accelerației** terenului

III.

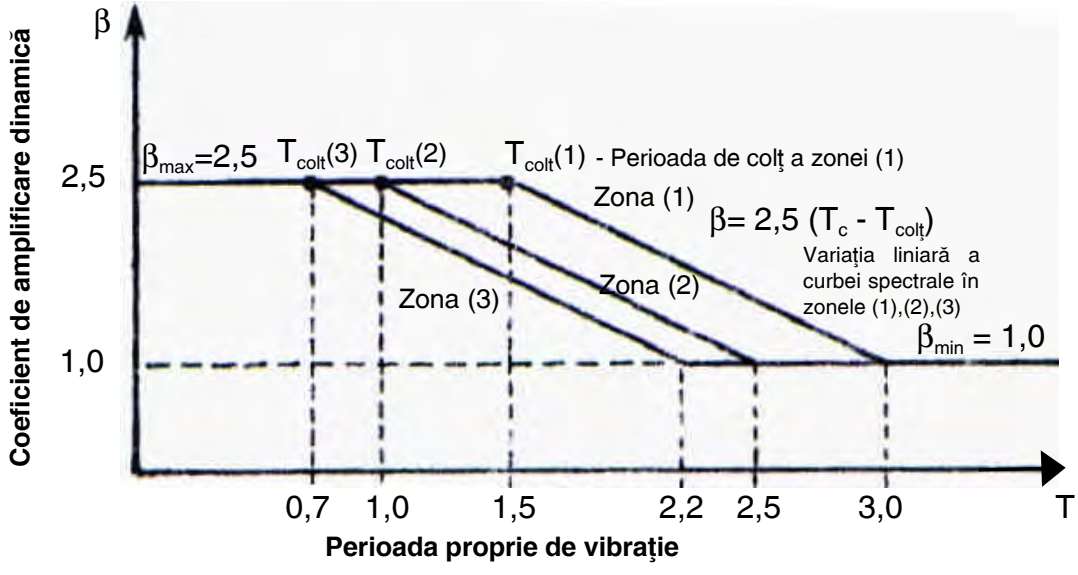
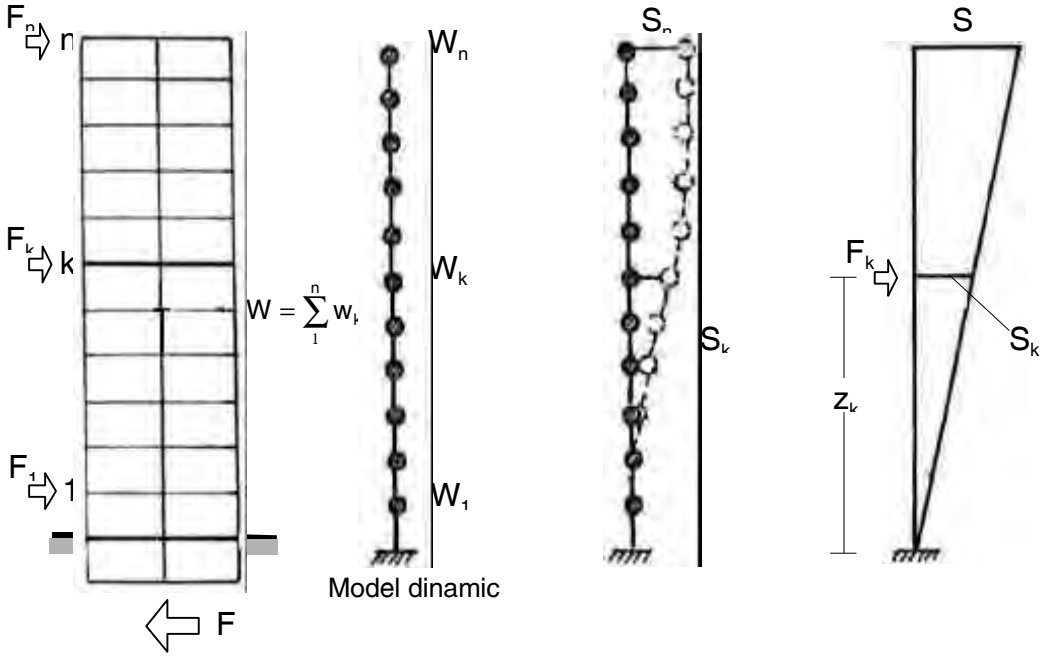


Fig.12.9. Acţiunea seismică. I. Determinarea sarcinii seismice, de la baza clădirii. II. Factorii care influenţează mişcarea seismică - spectrul de răspuns al structurii. III. Variaţia coeficientului de amplificare dinamică funcţie de perioada proprie de vibraţie

Acţiunea sesmică

I.



II.

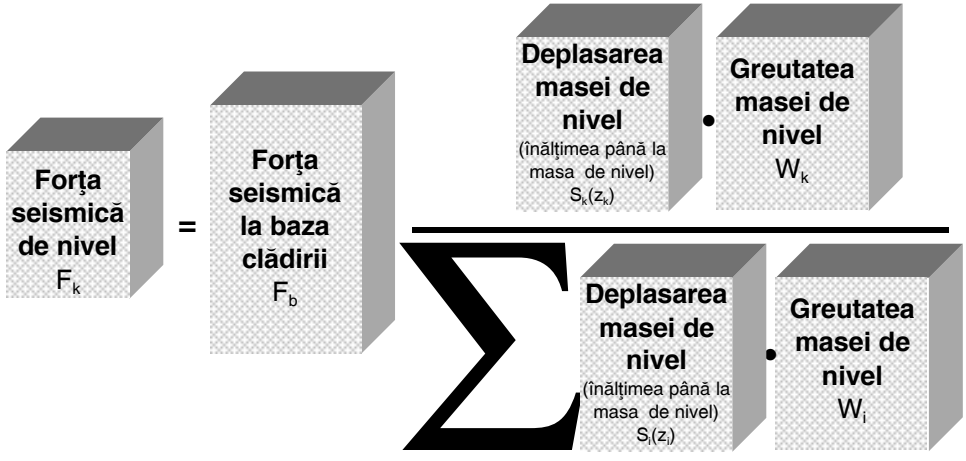


Fig. 12.10. Acţiunea seismică. I. Defalcarea forţei seismice totale pe nivele. Modelul dinamic. Deformata reală şi simplificată în modul 1 de vibraţii. II. Relaţia forţei seismice de nivel.

Coeficientul β_r va avea o valoare mare (amplificarea dinamică este mai pronunţată) când aceste două perioade au valori mai apropiate.

Reprezentarea grafică a relaţiei între valorile perioadei proprii fundamentale de vibraţie a clădirii (T_c) şi valorile coeficientului de amplificare dinamică β_r este spectrul de răspuns sau curba spectrală. Curba spectrală poate fi determinată prin prelucrarea accelerogramelor unor cutremure caracteristice. Aceste curbe spectrale servesc la determinarea valorilor lui β_r funcţie de T_c.

Graficul variaţia lui β_r funcţie de T_c este compus din trei părţi: palierul β_{max}, zona intermediară, sub forma curbei $\beta = f(T_c)$, hiperbolică sau chiar liniară şi palierul β_{min}. În cazul ţării noastre zona intermediară s-a adoptat sub formă liniară iar β_{max}=2,5 şi β_{min}=0,75. Forma curbelor spectrale a fost modificată după regiuni, introducându-se trei forme de curbe spectrale (T_c=1,5 s, T_c=1,0s şi T_c=0,7s). Perioada de colţ ($T_{colţ}$) corespunde punctului de frângere a graficului $\beta = f(T_c)$. Pe porţiunea înclinată, liniară, dintre β_{max} şi β_{min}, această funcţie are valori diferite pentru cele trei zone ale ţării noastre,fig.12.9.III

Coeficientul de reducere a forţei seismice (ψ) este influenţat de deformaţiile post-elastice şi alte efecte favorabile, cum sunt: ductilitatea structurii, capacitatea de redistribuţie a eforturilor, intervenţia rezervelor de rezistenţă neconsiderate în calcul. Coeficientul ψ este în general subunitar. El are valori mari când structurile prezintă o capacitate de deformare plastică (ductilitate) suficientă. Ductilitatea este definită prin capacitatea de disipare a energiei produsă de cutremur şi de dirijarea în elementele structurale a zonelor plastice potenţiale, ceea ce măreşte ductilitatea în aceste zone şi conduce la evitarea ruperilor casante.

Coeficientul ε_r stabileşte echivalenţa între sistemul real (clădiri etajate cu mai multe grade de libertate) şi un sistem cu un grad de libertate dinamică, care este considerat ca model de bază pentru determinarea curbelor spectrale standard. Acest coeficient de echivalenţă (ε_r) este corespunzător modului propriu de vibraţii (r), are valori subunitare, fiind influenţat de distribuţia pe înălţime a maselor şi de forma deformatei clădirii sub acţiunea forţelor seismice.

Coeficientul de echivalenţă se determină cu relaţia:

$$\varepsilon_r = \frac{\left(\sum_{k=1}^{n} G_k \cdot u_{kr}\right)^2}{G \cdot \sum_{k=1}^{n} G_k \cdot u_{kr}^2} \qquad (12.1)$$

6)

în care:

G_k - este rezultanta încărcărilor gravitaţionale la nivelul (k) (greutatea întregii clădiri este $G = \sum_{k=1}^{n} G_k$);

u_{kr} este componenta la nivelul (k) a

vectorului propriu de ordinul (r), valoarea acestuia se va stabili pe baza metodelor dinamicii construcţiilor;

Forţa seismică calculată cu relaţia (12.13) trebuie să fie mai mică decât forţa seismică maximă cu care se încarcă efectiv clădirea în timpul cutremurului. Această forţă seismică reală este funcţie de dimensiunile şi armările elementelor de construcţii, care compun structura de rezistenţă.

Capitolul

13

NOŢIUNI DE CALCULUL CONSTRUCŢIILOR

13.1. SIGURANŢA CONSTRUCŢIILOR

Istoric. Timp de milenii proiectele de execuţie pentru structurile de rezistenţă ale construcţiilor se elaborau pe baza experienţei, a regulilor empirice şi a aplicării intuitive a legilor mecanice. În această lungă perioadă istorică, s-au realizat construcţii remarcabile, de mare durabilitate.

În secolele 17 şi 18 au început cercetări, privind rezistenţa materialelor şi capacitatea portantă a construcţiilor. La începutul secolului al 19-lea, în urma dezvoltării rapide a teoriei elasticităţii, în secolele precedente, Navier introduce calculul structurilor (considerate elastice, omogene şi izotrope) prin metoda rezistenţelor admisibile.

În anul 1899 Cristophe (pe baza ipotezei lui Bernulli, legii lui Hooke, fisurării betonului admisă de Kaenen, coeficientului de echivalenţă a lui Neumann - 1880 şi a numeroaselor încercări de laborator) elaborează calculul structurilor (din beton armat) cu metoda rezistenţelor admisibile. Între anii 1903-1907 acest calcul e adoptat de diverse ţări din apusul Europei.

Metoda rezistenţelor admisibile a fost utilizată (pentru beton) până la sfârşitul deceniului 4 - 1950, când se trece la folosirea metodei de calcul la rupere.

Elaborarea acestei metode a fost posibilă datorită dezvoltării rapide a teoriei plasticităţii, precum şi a unei bune cunoaşteri a proprietăţilor fizice şi mecanice reale ale materialelor.

Metoda devine o necesitate în perioada 1930-1940, pentru că vechea metodă se adapta greu performanţelor noilor materiale şi evoluţiei tehnologiilor.

Metoda de rupere ia în consideraţie, în calcul, proprietăţile reale ale materialelor, rezultând soluţii mai economice. Normele care admit calculul de rupere, apar în Brazilia în 1937, în Rusia - 1938 iar la noi în ţară, în 1952.

Elaborarea metodei semiprobabilistice de calcul la stări limită a fost condiţionată de:

- dezvoltarea rapidă a cunoştinţelor noastre teoretice şi experimentale;
- acumularea unui număr mare de date referitoare la încercări şi proprietăţi fizico-mecanice ale materialelor şi structurilor;
- de ideea folosirii metodelor statisticii matematice, la studiul siguranţei construcţiilor.

Noţiunea de stări limită permite luarea în considerare a comportării locale sau de ansamblu a unei structuri în toate stadiile până la rupere.

Studiul noii metode a început în Rusia în 1943 iar normele au devenit oficiale în 1955, la noi în ţară această metodă fiind introdusă în 1963.

Noţiunea de siguranţă. Siguranţa clădirilor este o condiţie indispensabilă ce trebuie asigurată în vederea evitării prăbuşirii structurii unei cladiri , prin depăşirea rezistenţei sau pierderea stabilităţii.

Siguranţa clădirilor poate fi definită prin probabilitatea comportării sigure la acţiunile exterioare a unui element de rezistenţă sau a structurii cladirii pe toată durata de exploatare.

Factorii de condiţionează siguranţa. Siguranţa construcţiilor este o problemă complexă datorită diversităţii mari şi greu de stăpânit a factorilor ce o determină.

Siguranţa construcţiilor (fig.13.1) este condiţionată de: caracterul de pronunţată variabilitate a acţiunilor exterioare (zăpadă, vânt, cutremur), caracteristicile geometrice şi de rezistenţă a materialelor structurii şi a elementelor de construcţii, condiţii oferite de o exploatare neraţională, erori de proiectare şi execuţia clădirilor, insuficienta cunoaştere a comportării structurii la anumite acţiuni, agresivitatea mediului ambiant, acţiuni neprevăzute (explozii, incendii). Aceşti factori generează, la rândul lor, o serie de alţi parametrii variabili.

Luând în considerare cât mai mulţi factori, metodele de calcul sunt mai aproape de realitatea fenomenului fizic.

Conceptul de siguranţă. Metodele de calcul a construcţiilor au fost şi sunt generate de considerarea a cât mai mulţi factori ce condiţionează siguranţa construcţiilor dar şi de o formulare matematică simplă. Aceste două deziderate, contrarii prin definire, trebuie să exprime cât mai bine realitatea fenomenului fizic.

Acţiunea încărcărilor exterioare este în echilibru tot timpul cu reacţiunea ce se dezvoltă în interiorul unui element din structura clădirii. Reacţiunea constă în e forturile unitare ce se nasc în materialul respectiv.

Factorii ce influenţează siguranţa clădirilor în exploatare

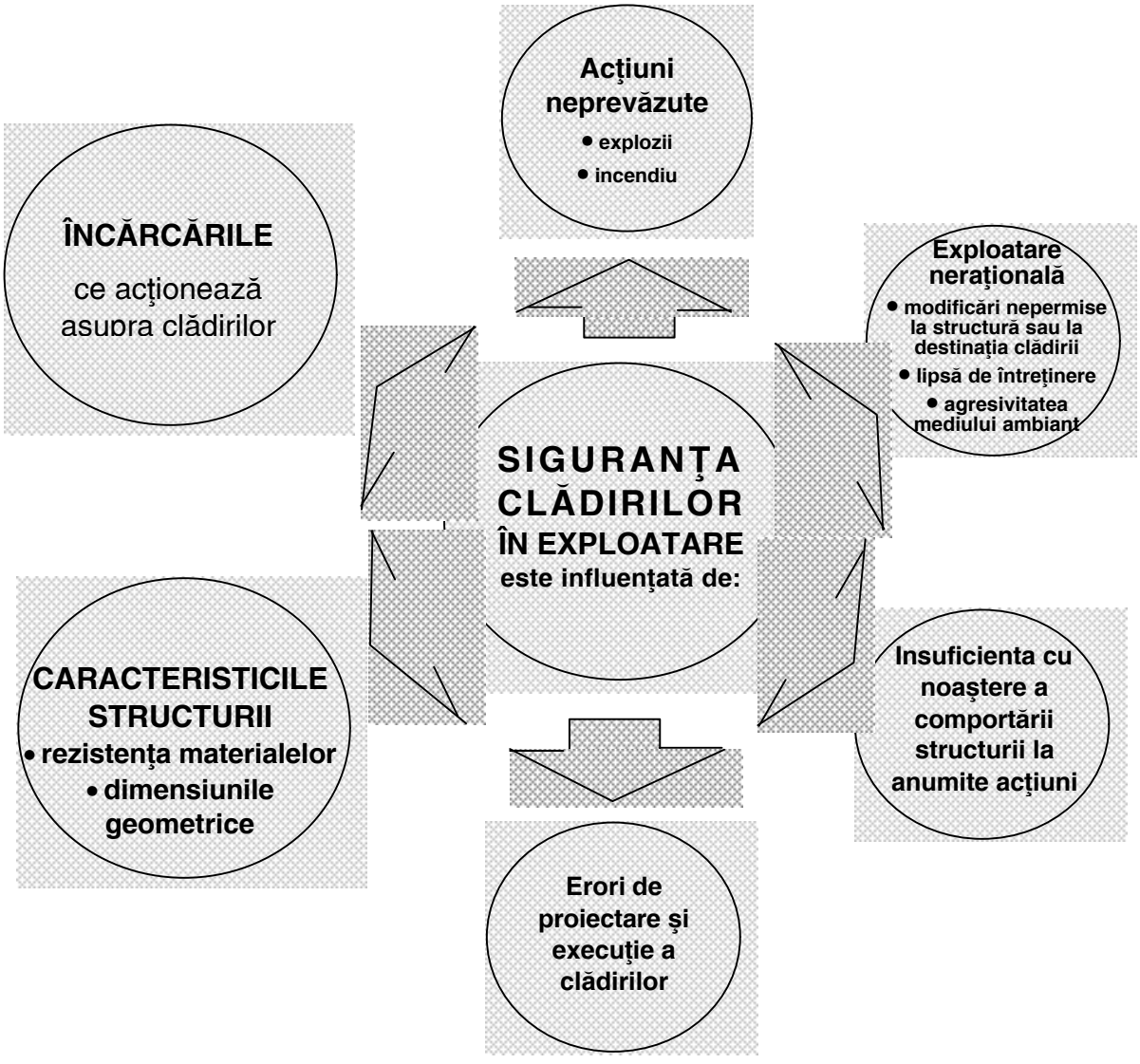


Fig. 13.1 Siguranţa clădirilor. Influenţele din timpul exploatării.

Acest lucru conduce la un echiilibru pe toata durata exploatării unei clădiri, între solicitarea maximă produsă de încărcările exterioare (influenţate de mărimea încărcării, deschiderea elementelor) şi eforturile unitare ce se nasc în materialul elementului de construcţii. Aceste eforturi unitare sunt influenţate de: mărimea sarcinii exterioare, deschiderea şi caracteristicile geometrice ale secţiunii elementelor de construcţii.

Conceptul de siguranţă se poate exprima simplu prin condiţia ca solicitarea maximă produsă de încărcările exterioare să fie mai mică decât capacitatea portantă minimă a elementului de construcţii.

13.2. METODE DE CALCUL

Introducere. Metodele de calcul în construcţii, în ordinea apariţiei istorice, dar şi după gradul de exactitate cu care se exprimă matematic noţiunea de siguranţă (relaţii empirice sau relaţii legate mai bine de fenomenul fizic real) şi domeniul în care se limitează valoarea efortului unitar din material sunt: metoda rezistenţelor admisibile, metoda la rupere şi metoda stărilor limită.

Primele două metode sunt metode deterministe de calcul, în care parametrii de bază (acţiuni, eforturi, rezistenţele materialelor, mărimile geometrice) sunt considerate drept mărimi certe nealeatorii, ceea ce este infirmat de realitate.

Coeficientul de siguranţă global este determinat prin apreciere, în mod empiric, fără o justificare ştiinţifică.

În metodele deterministe de calcul se folosesc valori medii ale parametrilor de bază. Din punct de vedere probabilistic este logic, căci într-o distribuţie normală, valoriile medii ale unei variabile aleatorii sunt cele mai probabile şi au cea mai mare frecvenţă de apariţie.

Coeficientul de siguranţă global în metoda de calcul la rupere, spre exemplu, reprezintă raportul valorilor medii ale capacităţii portante a secţiunii şi eforturile produse de încărcări.

Metodele deterministe de calcul cu coeficient global de siguranţă nu exclud riscul ruperii, dar nici nu îl precizează, deoarece acest coeficient nu ia în consideraţie variaţia celor două distribuţii ale capacităţii portante şi a eforturilor.

Metoda stărilor limită este, din punct de vedere teoretic, o metodă probabilistică de calcul, în care parametrii de bază sunt consideraţi drept mărimi aleatori. Dat fiind că în etapa actuală o analiză probabilistică completă nu este posibilă, factorii de siguranţă sunt introduşi în calcule printr-o apreciere semiprobabilistică. Deci această metodă este denumită metodă semiprobabilistică de calcul la stări limită.

Metoda apreciează ca valorile extreme ale acestor parametri, care prezintă o anumită probabilitate de a nu fi depăşiţi în sens defavorabil, în mod

obişnuit, se folosesc valori maxime pentru acţiuni, eforturi şi minime pentru rezistenţe.

Metode deterministe

Metoda rezistenţelor admisibile. Condiţia de rezistenţă, în această metodă se scrie în domeniul elastic de comportare a materialului şi în punctul cel mai solicitat.

Efortul unitar **efectiv** maxim dat de încărcările exterioare $\leq$ **Efortul** unitar maxim **admisibil** la care poate fi încărcat un material în condiţiile unei siguranţe iniţiale impuse

Valoarea efortului unitar efectiv maxim este dat de raportul:

$$\textbf{Efortul}\ \text{unitar maxim}\ \textbf{admisibil} = \frac{\textbf{Efortul}\ \text{unitar}\ \textbf{limită}}{\textbf{Coeficient}\ \text{de}\ \textbf{siguranţă}\ \text{unic}}$$

Efortul unitar limită se consideră funcţie de modul de comportare al materialului la solicitarea limită.

Efortul unitar **limită** = **Limita de curgere** pentru materiale cu comportare casantă (beton, ipsos etc.)

sau

Efortul unitar **limită** = **Limita de rupere** pentru materiale cu comportare plastică (oţel etc.)

Efortul unitar limită rezultă din curba caracteristică a materialului la solicitarea la care se referă rezistenţa admisibilă (fig.13.2.)

Coeficientul de siguranţă stabileşte o rezervă de rezistenţă a materialului în ipoteza încărcării maxime. De mărimea acestui coeficient (care este supraunitar) depinde consumul de material în elementele de construcţii.

În valoarea coeficientului de siguranţă, se includ:

- inexactităţile între calculul teoretic şi realitatea fenomenului fizic;
- neomogenitatea materialelor;
- variabilitatea încărcărilor ;
- influenţa condiţiilor de exploatare.

Coeficientul de siguranţă cu valori mari (cu siguranţă sporită) conduce la un consum sporit de materiale.

Tendinţa de reducere a acestui coeficient presupune stăpânirea tuturor factorilor, care introduc aproximaţii în calcul.

Coeficientul de siguranţă este fixat în funcţie de calitatea materialelor şi exactitatea metodei de calcul.

Dezavantajele metodei rezistenţei admisibile pot fi enunţate astfel:

- conceptul de siguranţă este empiric şi nu corespunde decât parţial realităţii;
- dacă în punctul cel mai solicitat s-a atins rezistenţa admisibilă asta nu înseamnă că întreaga capacitate de rezistenţă a elementelor a fost epuizată;
- comportarea materialelor după această metodă este considerata în domeniul elastic, făcând inutilizabilă

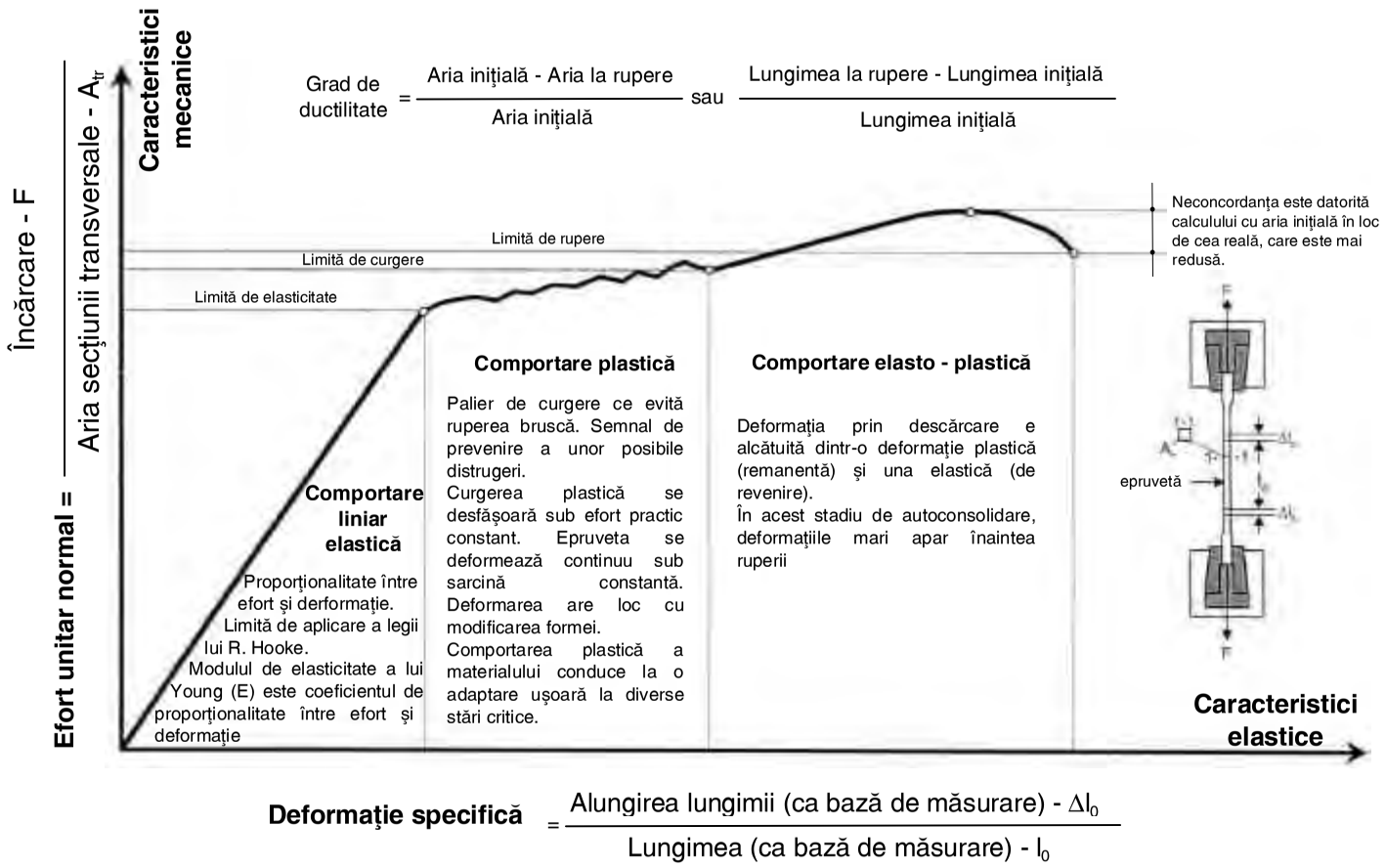


Fig. 13.2 Stadiile din curba caracteristică (pentru încercarea la întindere a oţelului)

• rezerva de rezistenţă a majorităţii materialelor în domeniul elasto-plastic;
• coeficientul de siguranţă unic nu poate include cu suficientă precizie influenţa tuturor factorilor, care determină siguranţa elementelor.

Metoda la rupere. În cadrul acestei metode se consideră că elementul de construcţie ajunge la cedare dacă o întreagă secţiune şi-a epuizat total capacitatea portantă. Condiţia de rezistenţă din domeniul elastic se transpune în domeniul elasto-plastic iar noţiunea de siguranţă se aproprie mai mult de realitatea fizică.

Efortul de calcul este produsul între efortul normat de exploatare şi coeficientul de siguranţă unic nediferenţiat	≤	**Efortul de rupere** (capacitatea portantă) influenţat de rezistenţa medie la rupere, de caracteristicile geometrice ale secţiunii

Neajunsurile metodei la rupere constau în analiza comportării mecanice a structurii, care se realizează unilateral numai în stadiul de rupere şi nu ţine seama de comportarea elementelor structurale în alte stadii de lucru,care apar în condiţii de exploatare.

Metoda stărilor limită

Starea limită, odată atinsă, implică pierderea capacităţii construcţiei de a satisface condiţiile de exploatare, funcţie de destinaţia stabilită sau/şi apariţia unor pericole pentru viaţa sau sănatatea oamenilor.

Stările limită se împart în două grupe:
• stare limită ultimă ce corespunde epuizării capacităţii portante, ruperii secţiunilor critice (unde eforturile ating rezistenţele de rupere) sau pierderii stabilităţii (fig.13.3.I);
• stare limită a exploatării normale, ce corespunde fisurării elementelor de construcţii, deformaţiilor statice sau dinamice a căror depăşire împiedică exploatarea normală a clădirii (fig.3.II).

În cadrul metodei stărilor limită se utilizează coeficienţi de siguranţă diferenţiaţi, ce ţin seama de variaţia factorilor care influenţează siguranţa clădirilor.

Condiţia de rezistenţă se enunţă, în cadrul unei probabilităţi impuse (posibilitatea proiectării unei structuri cu siguranţă absolută este minimă) astfel încât conceperea structurii să ofere riscul minim de a atinge una din stările limită (fig.13.3).

Conceptul de siguranţă în metoda stărilor limită este dat de exprimarea probabilistică (fig. 13.4) a acţiunilor exterioare, cu caracter aleator, a caracteristicilor mecanice şi elastice ale materialului - rezistenţa de curgere, rezistenţa de rupere, modulul de elasticitate longitudinal şi/sau transversal, condiţii de lucru exterioare.

Starea limită ultimă se exprimă prin:

Solicitarea maximă produsă de încărcările exterioare	≤	Capacitatea portantă minimă

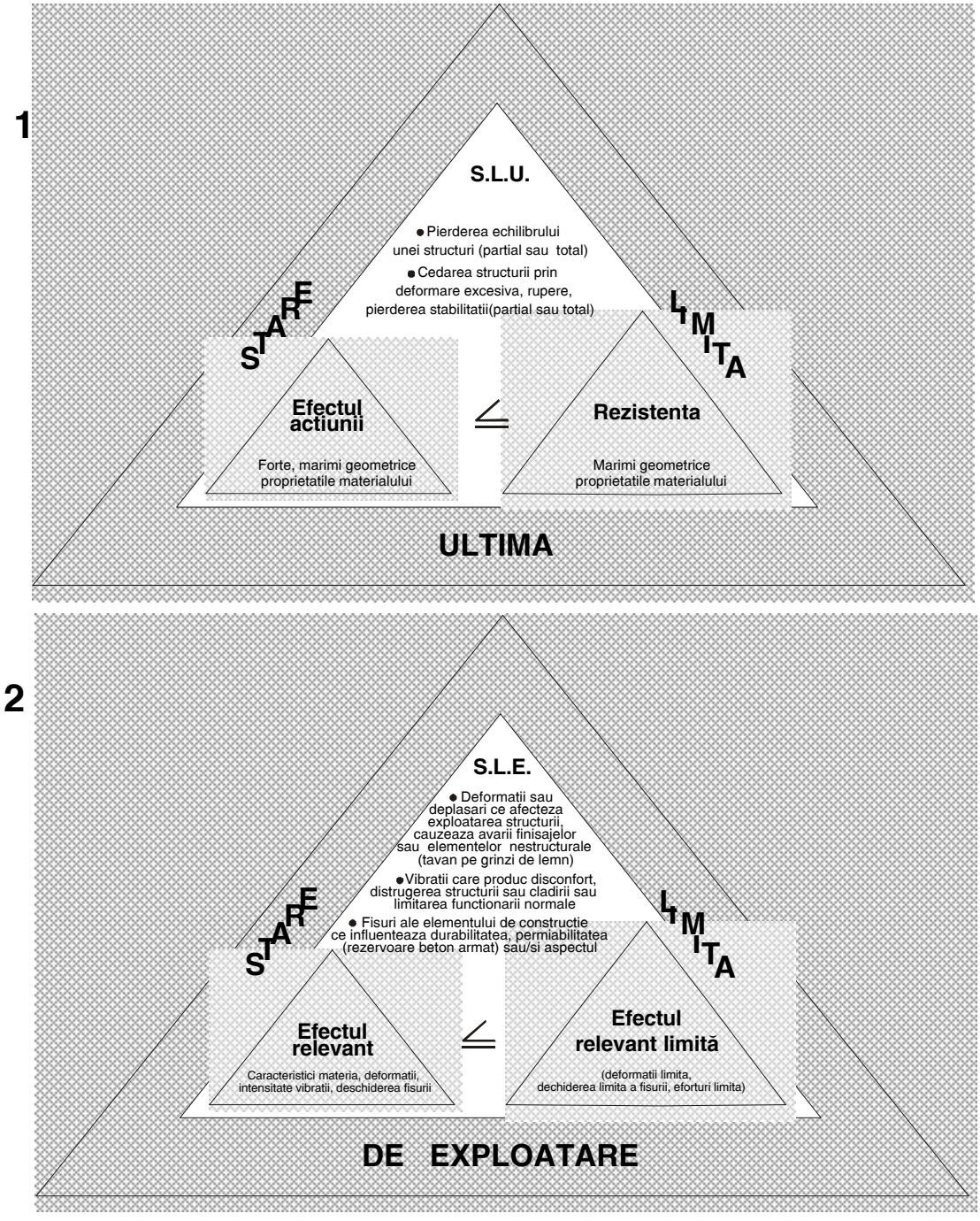


Fig.13.3 Schematizarea metodei stărilor limită. 1. Starea limită ultimă. 2. Starea limită de exploatare

Solicitarea maximă produsă de încărcările exterioare poate fi exprimată prin relaţia:

$$\text{Factori de grupare} \sum \text{Factori de siguranţă la încărcare} \bullet \text{Încărcare normată}$$

Factorul de grupare are de obicei valori subunitare (0,5... 0,9), reprezentând faptul că nu toate încărcările pot fi maxime concomitent.

Factorul de siguranţă la încărcare reprezintă abaterea posibilă, în sens defavorabil, faţă de valorile normate ale încărcărilor.

Acest factor are, de regulă, o valoare supraunitară, exceptând acţiunile ce favorizează comportarea structurii.

De exemplu, încărcarea permanentă se majorează cu 10% la elementele de beton prefabricat, cu 30% la cele din beton monolit realizate pe şantier, iar la acţiunile din vânt se majorează cu 40-60%.

Mărirea factorilor de siguranţă a încărcărilor este proporţională cu variabilitatea sarcinilor.

Încărcarea normată este valoarea caracteristică stabilită pe bază de studii statistice, extinse la un număr suficient de valori (fig. 13.4). Aceste încărcări normate sunt valori aleatorii determinate pe baza datelor statistice pe o perioadă îndelungată de timp. Dispersia valorilor încărcărilor exterioare este mică în cazul greutăţii proprii şi încărcărilor utile, având valori mari în cazul acţiunilor climatice.

Capacitatea portantă minimă se determină cu relaţia:

$$\text{Factorul condițiilor de lucru a elementului} \bullet \sum \text{Caracteristici geometrici ale secțiunii} \bullet \frac{\text{Rezistența normată a materialului}}{\text{Factori de siguranță a materialului}} \bullet \text{Factorul condițiilor de lucru a materialului}$$

Caracteristica geometrică a secţiunii poate fi aria, modulul de rezistenţă .

Secţiunea transversală a elementelor de construcţii este utilizată mai raţional din punct de vedere al capacităţii de rezistenţă, cu cât aria e mai îndepărtată de axa neutră. De exemplu, comparând două secţiuni circulare, tubulară şi alta plină cu acelaşi diametru exterior, secţiunea plină este de două ori mai neeconomică decât cea tubulară.

Rezistenţa normată a materialului se determină experimental pe un număr de probe care, cu cât este mai mare, şi rezultatele obţinute sunt mai aproape de comportarea reală (fig.13.4).

$$\text{Rezistența normată} = \text{Rezistență medie} - \text{Coeficient ce depinde de împrăștierea rezultată} \bullet \text{Abaterea medie pătratică}$$

Factorul de siguranţă a materialelor scoate în evidenţă abaterea de la calitate a materialelor. Acest factor acoperă abaterile în sens defavorabil de la valoarea normată a rezistenţei materialului (obţinute pe epruvete în anumite condiţii standardizate). Factorul de siguranţă are valori mici în cazul materialelor cu un grad ridicat de neomogenitate (fig.13.4 I,II).

Factorul condiţiilor de lucru a elementului sau a materialului consideră

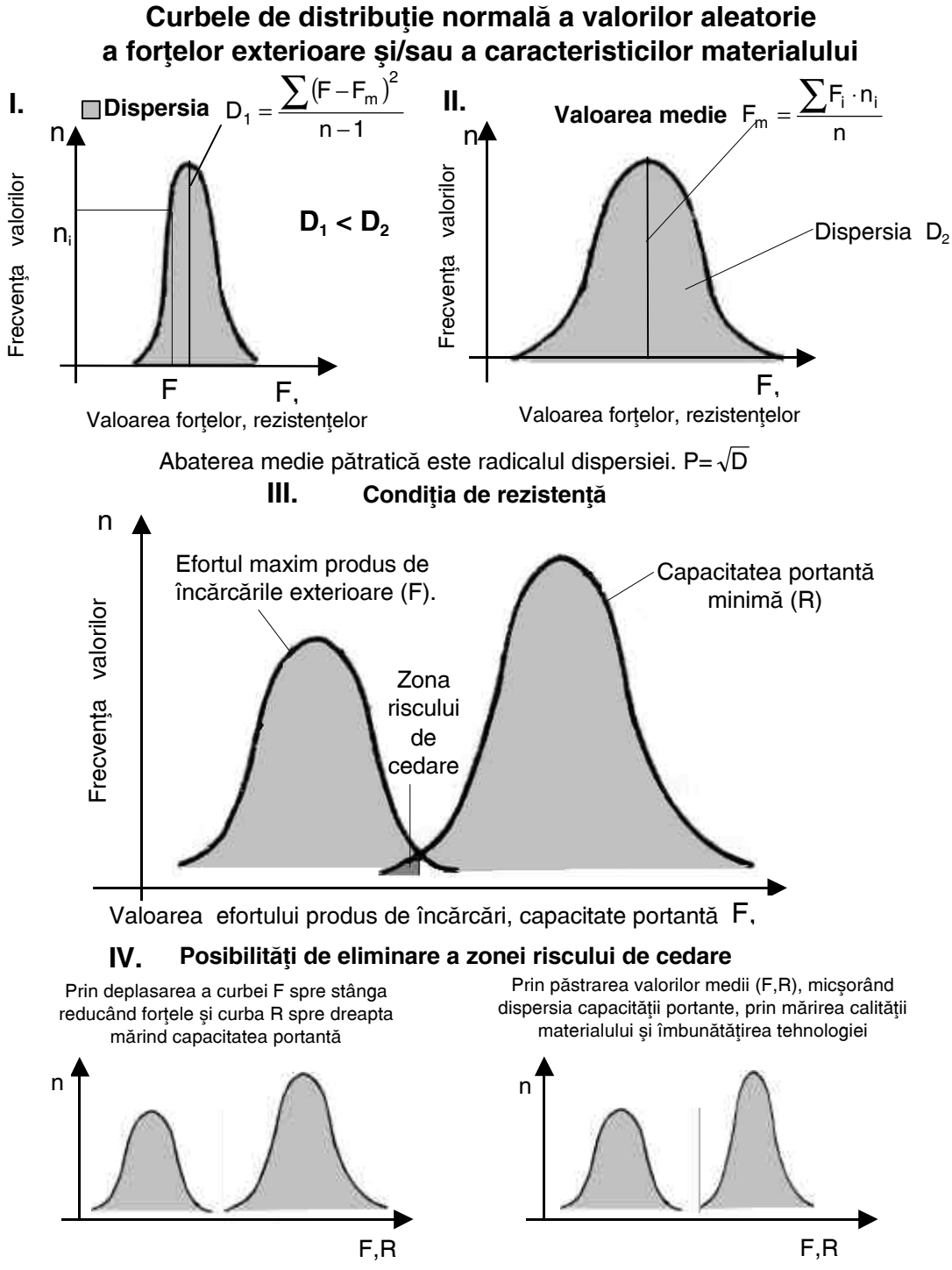


Fig. 13.4 Metoda stărilor limită. Elemente de teorie statistică. Curbe de distribuţie normală(I, II). Condiţia de rezistenţă (III). Posibilităţi de eliminare a zonei riscului de cedare (IV)

situaţiile, în funcţie de condiţiile, de execuţie, de exploatare şi de modul de alcătuire în concordanţă cu ipotezele considerate la proiectarea clădirii.

Condiţia de rezistenţă a metodei stărilor limită este reprezentată în fig. 13.4.III. Într-un sistem de axe, se reprezintă curba de distribuţie a efortului maxim produs de încărcările exterioare şi curba de distribuţie a valorilor capacităţii portante minime. La intersecţia celor două curbe apare zona riscului de cedare, în care condiţia de rezistenţă nu este îndeplinită.

Indeplinirea condiţiei de rezistenţă (pentru a spori siguranţa clădirii) se poate realiza în următoarele modalităţi (fig.13.4 IV):

- prin deplasarea curbei F spre stânga, micşorând forţele exterioare;
- deplasând curba R, mărind capacitatea portantă.

Conditia de rezistenta se poate realiza si prin păstrarea valorilor medii a fortelor exterioare si a capacitatii portante (F,R), micşorând dispersia capacităţii portante ce se realizeaza prin mărirea calităţii materialului şi a îmbunătăţirii tehnologiei de executie. În acelaşi timp se pot micşora o parte din încărcările exterioare, în special greutatea proprie.

Starea limită a exploatării normale corespunde întreruperii funcţionării în condiţii normale a clădirii.

Exemplu de stări limită a exploatării normale sunt:

- fisurarea elementelor de construcţii, când apariţia fisurilor sau deschiderea lor excesivă este inacceptabilă (rezervoare de lichide) realizării funcţiune pentru care a fost concepută constructia;
- deformaţia elementelor de construcţie, care trebuie limitată până la o valoare, care depăşită împiedică exploatarea normală a clădirii (săgeata elementelor portante a unui planşeu din lemn ar produce distrugerea finisajului tavanului - desprinderea placilor de ipsos-carton) .

În cazul nesatisfacerii condiţiei stării limită a exploatării normale au loc întreruperi temporare a funcţionării clădirii până la repararea şi îndepărtarea defectelor apărute.

Capitolul

14

FUNDAŢII DE SUPRAFAŢĂ

14.1. GENERALITĂTI

Fundaţia este elementul de construcţie ce se află în contact direct cu terenul şi transmite sarcinile, care acţionează asupra clădirii, la terenul de fundaţie.

Condiţii pe talpa de fundare

Pentru asigurarea unei bune comportări a clădirii, această transmitere trebuie realizată astfel încât să fie satisfăcute cele două condiţii:

I. presiunea efectivă produsă de sarcinile ce acţionează asupra clădirii să fie mai mică sau cel mult egală cu capacitatea portantă a terenului de fundare;

II. tasările probabile ale construcţiei datorate terenului de fundare să fie mai mici sau cel mult egale cu tasările admisibile ale construcţiei.

Condiţia **I.** se exprimă cu relaţia

$$p_{ef} \leq \alpha \cdot p_{tr} \qquad (14.1)$$

în care:

p_{ef} - presiunea efectivă la nivelul tălpii fundaţiei, produsă de sarcini ce acţionează asupra clădirii;

α - coeficient funcţie de modul de acţionare a încărcărilor (centric, excentric) şi gruparea de acţiuni (fundamentală, specială);

p_{tr} - presiunea portantă de calcul a terenului de fundare.

Aceasta reprezintă presiunea maximă pe care o transmite fundaţia clădirii terenului de fundare, pentru a nu se produce ruperea şi cedarea laterală a terenului şi tasări incompatibile exploatării normale a clădirii.

Capacitatea portantă a terenului se determină funcţie de:

- greutatea volumetrică;

- supraîncărcarea ce acţionează la nivelul tălpii fundaţiei (lateral faţă de aceasta);
- coeziunea terenului;
- forma fundaţiei (continuă, dreptunghiulară, pătrată, circulară);
- unghiul de frecare interioară.

Condiţia **II.** se exprimă prin relaţia:

$$\Delta < \overline{\Delta} \qquad (14.2)$$

în care:

Δ - deplasări sau deformări probabile ale clădirii, datorate terenului de fundare, ce sunt funcţie de natura acestuia;

$\overline{\Delta}$ - deplasări sau deformări admisibile ale clădirii, funcţie de structura de rezistenţă a acesteia, astfel încât să nu compromită stabilitatea sau să creeze dificultăţi în exploatare.

Din condiţiile **I** şi **II** rezultă dimensionarea tălpii fundaţiei.

Proiectarea fundaţiei implică cunoaşterea dimensiunilor clădirii, a reacţiunilor maxime dată de suprastructura terenului de fundare, a distribuţiei presiunilor pe talpa fundaţiei, a schimbărilor posibile în calitatea terenului şi a solicitărilor suplimentare ce pot apărea.

Clasificarea fundaţiilor

Fundaţiile pot fi clasificate (fig.14.1) după următoarele criterii:

- adâncimea de fundare;
- modul de preluare a eforturilor de compresiune şi întindere de către corpul fundaţiei şi deformabilitatea la contactul pământ-fundaţie;
- modul de descărcare a sarcinilor pe terenul de fundare.

Funcţie de adâncimea de fundare, fundaţiile pot fi:

- fundaţii de suprafaţă (directe), care sunt la câţiva metri de suprafaţa terenului şi reazemă direct pe terenul de fundare;
- fundaţii de adâncime (indirecte), care transmit încărcările clădirii la terenul bun de fundare ce se găseşte la adâncime, prin intermediul unor elemente de construcţii speciale (piloţi, chesoane). Raportul dintre adâncimea de fundare şi lăţimea fundaţiilor de adâncime este mai mare ca 5.

Prezentul capitol se ocupă de fundaţiile de suprafaţă.

După modul de preluare a eforturilor şi după deformabilitatea la contactul pământ-fundaţie, există:

- fundaţii rigide preiau în condiţii bune numai eforturile de compresiune, fiind alcătuite din materiale cu rezistenţă redusă la întindere (zidărie de piatră, beton simplu). Ordinul de mărime al deformaţiilor fundaţiilor rigide este mai mic decât cel al terenului de fundaţie;
- fundaţii elastice - preiau la fel de bine eforturile de compresiune şi întindere rezultate din încovoiere. Betonul armat se foloseşte, în mod obişnuit, la fundaţiile elastice. Fundaţiile perfect elastice nu au nici un efect

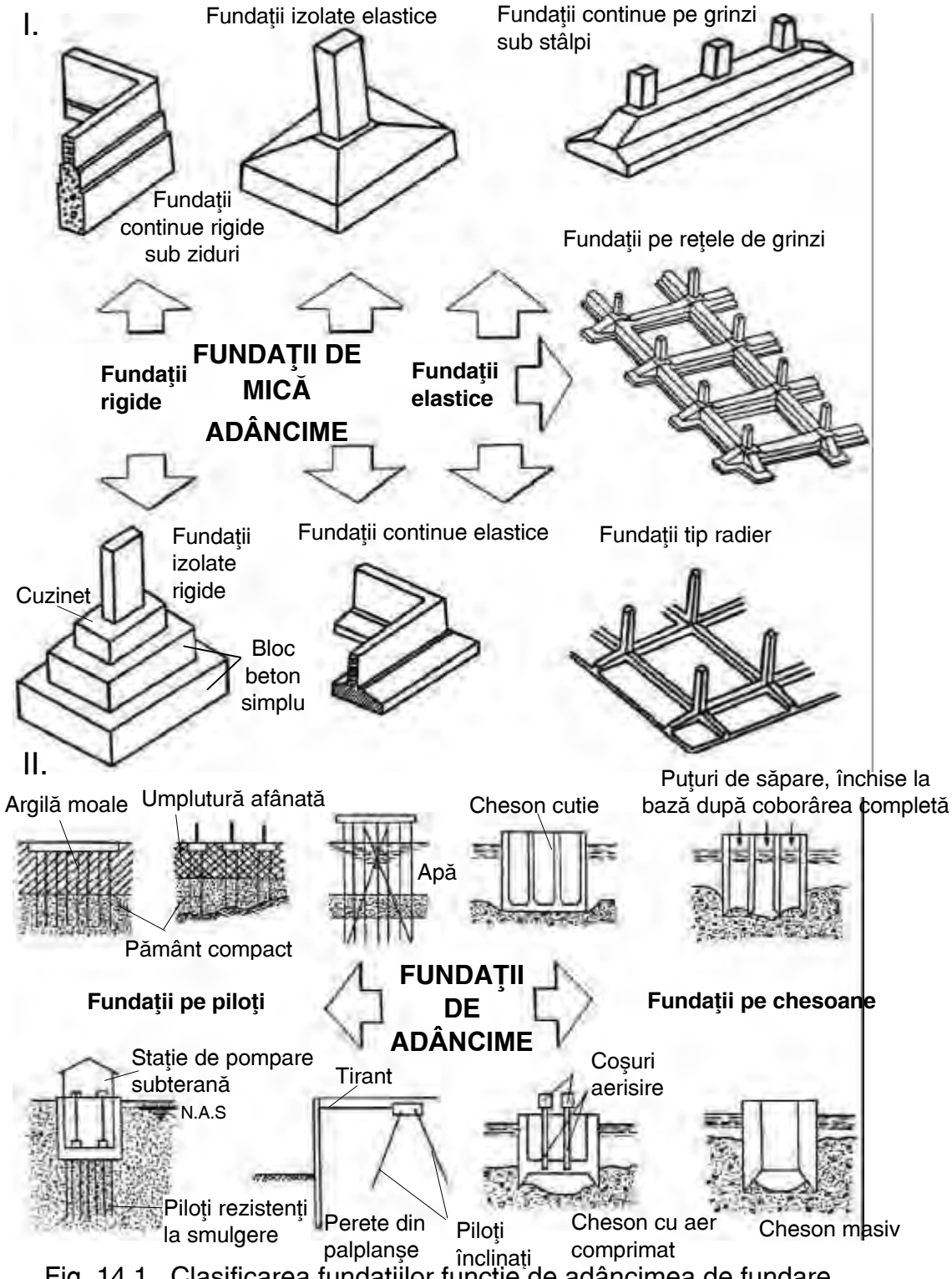


Fig. 14.1 Clasificarea fundaţiilor funcţie de adâncimea de fundare

asupra distribuţiei de presiuni pe suprafaţa de fundare.

Funcţie de modul de descărcare a sarcinilor pe terenul de fundare, fundaţiile de suprafaţă pot fi:

- fundaţii izolate sub stâlpi (rigide sau elastice), ce sunt alcătuite dintr-o placă simplă, pătrată sau dreptunghiulară, de grosime uniformă. Aceste fundaţii pot fi prevăzute cu trepte sau feţe înclinate pentru transmiterea sarcinilor de la stâlpi;
- fundaţii continue rigide sub ziduri portante şi sub şiruri de stâlpi pozaţi atât de aproape, încât fundaţiile izolate ar fi tangente;
- fundaţii continue elastice (tălpi de beton armat) sub ziduri şi sub şiruri de stâlpi, în cazul când capacitatea portantă a terenului este scăzută;
- fundaţii-radier, ce se folosesc în cazul terenurilor cu capacitate redusă, la sarcinile foarte mari, sau în cazul când proiectarea fundaţiilor izolate sau continue nu este raţională. Acest tip de fundaţii reduce tasările diferenţiale, în cazul terenurilor neuniforme sau al stâlpilor cu încărcări diferite.

Alegerea sistemului de fundare

Sistemul de fundare este soluţia constructivă eficientă din punct de vedere tehnic şi economic, prin intermediul căreia se ajunge la cota de fundare.

Fixarea sistemului de fundare se face în funcţie de: adâncimea de fundare, natura straturilor, succesiunea straturilor în adâncime, poziţia nivelului apei subterane.

Adâncimea de fundare (fig.14.2) distanţa de la talpa fundaţiei la cota terenului natural este influenţată în primul rând de adâncimea de îngheţ, distanţă până la care se resimt temperaturile negative maxime.

Adâncimea minimă de îngheţ se măsoară de la cota terenului amenajat şi este determinată pentru o serie de localităţi din ţara noastră.

Altă condiţie pentru stabilirea adâncimii minime de fundare este încastrarea fundaţiei, 20 cm, în stratul de pământ sănătos, ce urmează după stratul vegetal sau de umplutură de la suprafaţa terenului.

Adâncimea de fundare va fi stabilită după aceste două condiţii, în cazul când stratul în care se realizează fundaţia clădirii îndeplineşte condiţiile **I** şi **II.**

Alegerea adâncimii de fundare este influenţată de existenţa reţelelor subterane sau a fundaţiilor vecine.

La clădirile cu subsol se va repeta condiţia ca între cota de fundare şi partea inferioară a pardoselii subsolului să fie cel puţin 40 cm.

Natura stratului de pământ în care se găseşte talpa fundaţiei va influenţa asupra capacităţii portante şi a deformaţiilor acesteia.

De exemplu, în cazul pământurilor necoezive, cum ar fi nisipurile afânate, saturate sau nisipurile foarte fine, pentru alegerea unui sistem de fundaţii de suprafaţă este necesar ca acest strat să fie compactat în mod artificial, prin

Modul de determinare a adâncimii de fundare

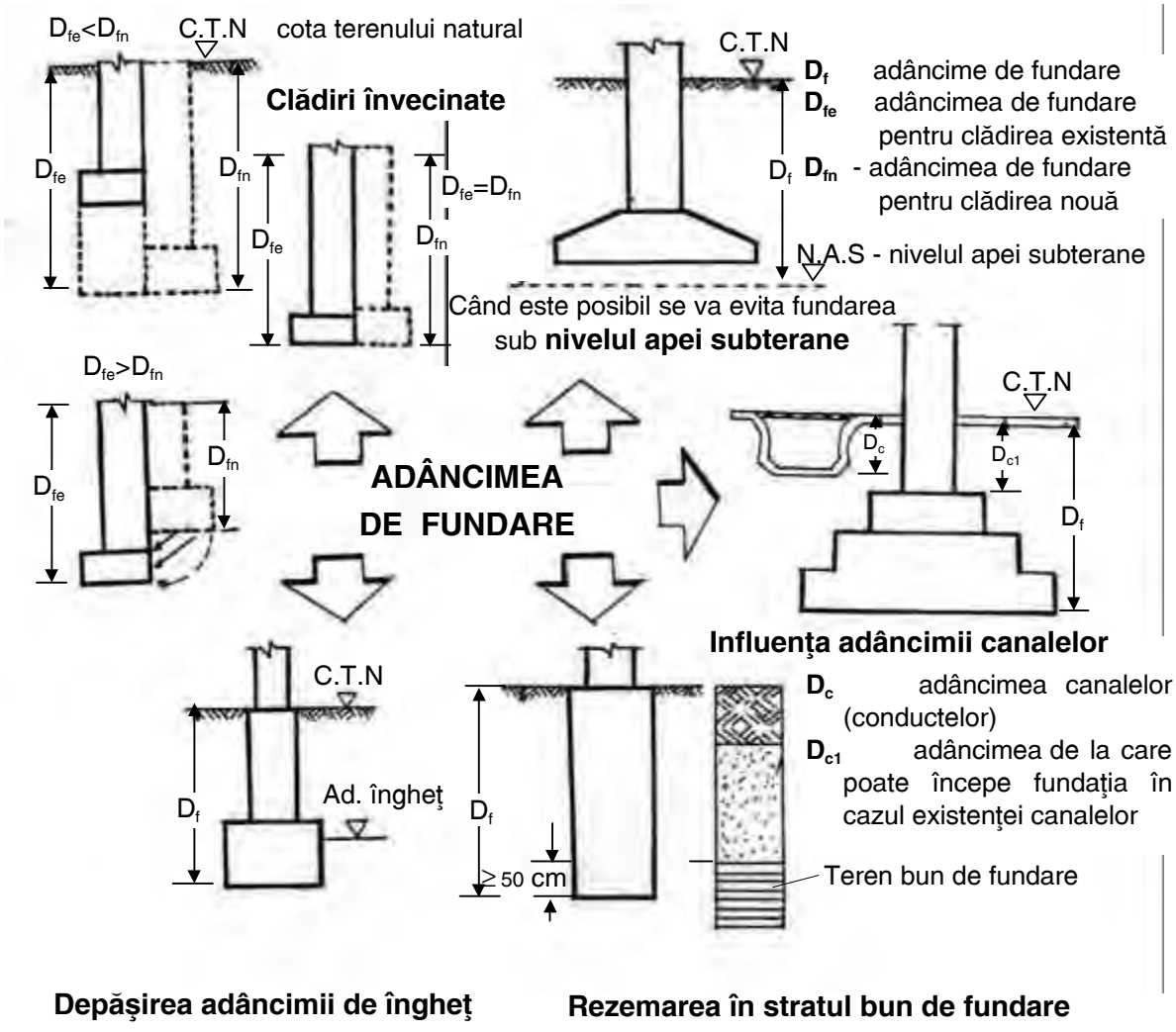


Fig. 14.2 Factorii ce influenţează stabilirea adâncimii de fundare.

vibrare. În cazul în care dimensiunile fundaţiilor sau alte condiţii locale nefavorabile fac imposibilă compactarea, sarcinile clădirii trebuie transmise unor straturi mai îndesate din adâncime.

Succesiunea straturilor în adâncime va influenţa asupra stabilirii sistemului de fundare.

În cazul fundaţiilor aşezate pe un strat de pământ vârtos, aflat deasupra unui strat de argilă moale, dacă fundaţiile sunt situate la distanţe mari una faţă de alta, presiunea exercitată pe stratul inferior se poate reduce prin mărirea dimensiunilor fundaţiilor.

Dacă tălpile izolate sunt apropiate, presiunile transmise în adâncime se vor suprapune, obţinându-se, în zonele comune , o presiune dublă.

Se poate obţine o micşorare a presiunilor, prin unirea tuturor fundaţiilor izolate într-un şir de tălpi sau în radier.

Dacă în acest caz presiunea transmisă stratului moale depăşeşte presiunea admisibilă a acestui strat, se va recurge la fundaţii de adâncime prin intermediul piloţilor, care traversează stratul de pământ moale, pătrunzând într-un strat portant în adâncime.

Poziţia nivelului apei subterane va influenţa, alături de alegerea sistemului de fundare, modul de execuţie al fundaţiei.

În cazul nivelului ridicat al apei subterane, vor fi necesare lucrări de epuismente, de izolare a amplasamentului de apa înconjurătoare sau de execuţia fundaţiilor sub apă.

14.2. FUNDAŢII RIGIDE

Fundaţiile rigide se utilizează ca reazeme pentru zidurile portante sau pentru stâlpii osaturii clădirii. În primul caz, se vor utiliza fundaţii continue sub ziduri, iar în al doilea caz, fundaţii izolate cu bloc şi cuzinet.

Fundaţii continue

Aceste fundaţii pot avea secţiunile sub formă: dreptunghiulară, cu evazări, cu trepte (fig.14.3).

Fundaţiile dreptunghiulare vor avea evazarea faţă de peretele portant.

Aceste fundaţii sunt avantajoase până la lăţimi de 1,0 m, având în vedere că betonul se toarnă direct în şanţurile săpate, eliminându-se cofrajele.

La clădirile cu puţine nivele, lăţimea fundaţiilor este impusă de dimensiunile zidurilor şi de necesităţile constructive legate

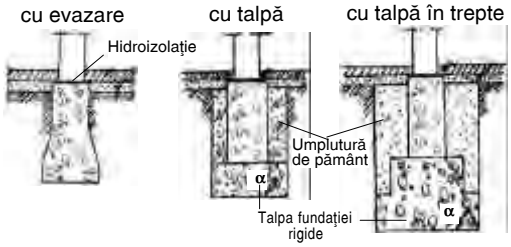
de asigurarea unei bune rezemări, mai mult decât de capacitatea portantă a terenului.

Un zid de 30 cm grosime, cu o evazare a fundaţiei de 15 cm de fiecare parte, va avea o lăţime totală a fundaţiei de 60 cm (lăţime rezultată şi din condiţia de execuţie manuală a săpăturii).

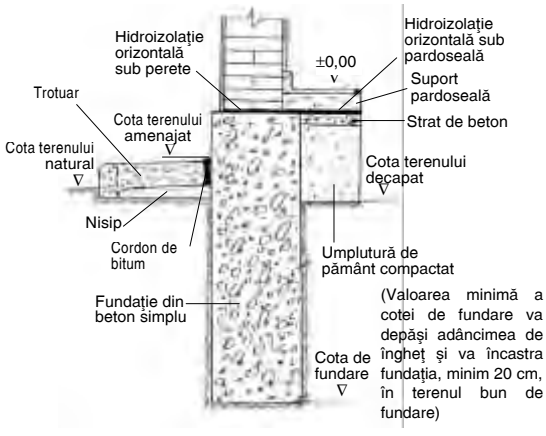
În cazul unei clădiri cu două nivele, această fundaţie va transmite 0,5 daN/cm^2, ceea ce, în cazul pământurilor des întâlnite la noi în ţară, dă un coeficient de siguranţă de 3-6. Rezultă

Fundaţii rigide continue sub ziduri

I. Tipuri de fundaţii continue

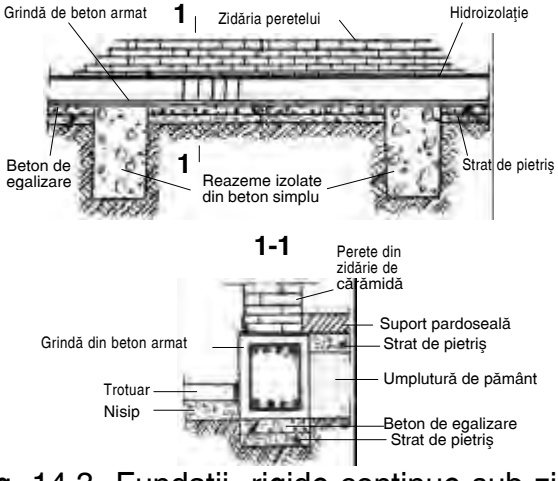


DETALIU - fundaţie zid exterior

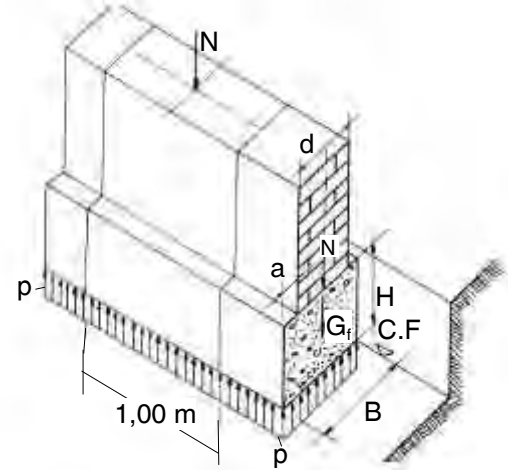


II. Fundaţii cu descărcări pe reazeme izolate

prin intermediul grinzilor drepte



III. Fundaţie continuă simetrică



IV. Fundaţie continuă în trepte

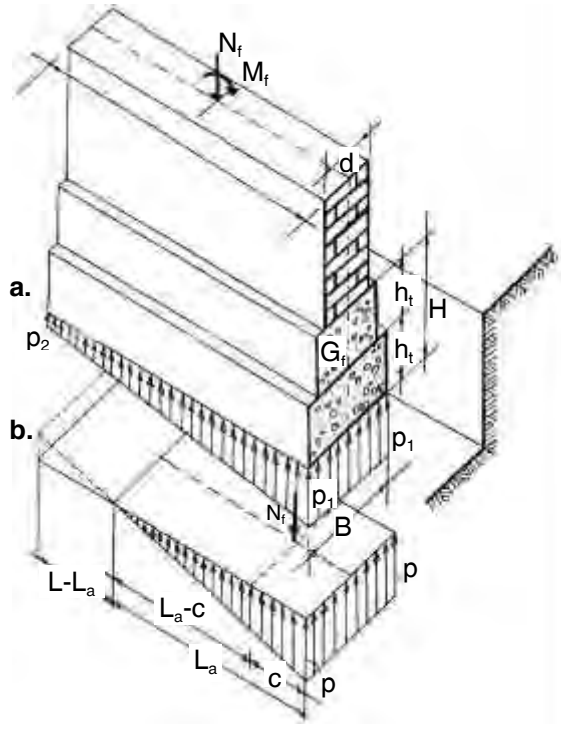


Fig. 14.3 Fundaţii rigide continue sub ziduri. Tipuri de fundaţii. Detaliu fundaţii zid exterior (I.). Fundaţii cu descărcări pe reazeme izolate (II.). Fundaţie continuă solicitată centric (III.). Fundaţie continuă în trepte solicitată excentric (IV.)

că, în acest caz, capacitatea portantă a pământului nu este judicios utilizată.

Se indică atunci folosirea fundaţiilor continue (40 cm), executate mecanizat, cu un excavator cu cupă îngustă sau un utilaj special cu graifăr, astfel se asigură economii importante de manoperă şi materiale.

Fundaţiile cu evazări (fig.14.3) se vor folosi în terenuri care au o coeziune suficientă pentru executarea evazărilor în pereţii săpăturii. Săpătura se va executa, la început, cu secţiune dreptunghiulară, fără evazări; acestea se vor efectua cu puţin timp înainte de turnarea betonului în fundaţie.

Fundaţiile cu trepte (fig.14.3) se utilizează atunci când talpa fundaţiei e mai lată decât în cazurile anterioare. Fundaţia se adoptă în urma unui calcul economic comparativ, între cantitatea de beton economisită şi sporul de consum de manoperă şi material lemnos din cofraje.

Materialele utilizate în cazul fundaţiilor rigide sunt: betonul simplu, betonul ciclopian, zidăria de piatră brută.

Betonul simplu utilizat în fundaţii trebuie să respecte următoarele:

- dozajul minim de ciment va fi de 150 kg/m^3, pentru a împiedica pătrunderea apei în fundaţii;
- la fundaţiile în trepte se va asigura aderarea straturilor, după pauzele de betonare;
- în timpul betonării, se vor evita prăbuşirile de pământ, care ar întrerupe continuitatea betonului.

Betonul ciclopian folosit la fundaţii este alcătuit din blocuri de piatră, bine udate, înglobate în beton.

În altă variantă, se toarnă stratul de beton (de consistenţă obişnuită) în grosime de 30 cm, vibrat, în care se pozează blocurile de piatră brută.

Fundaţii cu rigiditate sporită. La fundarea clădirilor în terenuri (cu compresibilitate mare sau pământuri macroporice, sensibile la umezire), ce prezintă pericol de tasări inegale, se măreşte rigiditatea fundaţiei, prin prevederea a două centuri.

Centurile sunt amplasate la partea inferioară şi superioară a fundaţiilor sau a peretelui subsolului şi se realizează din beton armat.

Fundaţiile sub ziduri despărţitoare (neportante) se realizează din însăşi placa de suport a pardoselii. Fundaţiile de acest tip se execută sub ziduri neportante pe înălţimea unui singur nivel.

Măsuri suplimentare se prevăd în cazul pardoselii aşezate pe umplutură. Placa se va arma constructiv.

Fundaţiile cu descărcări pe reazeme izolate transmit terenului încărcările zidurilor ce reazemă pe ele în mod discontinu, prin blocuri de fundaţii izolate dispuse de-a lungul zidurilor (fig.14.3).

Utilizarea acestor fundaţii, pe baza unui calcul economic comparativ, este raţională atunci când pământul bun de fundare se găseşte la o adâncime mai

mare (>2,0 m de la cota terenului natural) sau când zidurile clădirilor, până la două nivele, transmit încărcări mici la fundaţii.

Reazemele izolate se vor prevedea, în conformitate cu traveele clădirii, în punctele de întretăiere ale zidurilor şi în dreptul plinurilor acestora.

Alcătuirea constructivă a reazemelor izolate se face analog fundaţiilor continue.

În plan, aceste reazeme au o secţiune în formă dreptunghiulară, iar la intersecţia zidurilor - în formă de L sau T.

Poziţia în plan a blocurilor de fundaţie se va alege astfel încât centrul de greutate al suprafeţei bazei lor să fie cât mai apropiat sau să coincidă cu poziţia rezultantei încărcărilor transmise de ziduri.

Elementele de descărcare constituie suportul zidurilor şi de transmitere a încărcărilor la blocurile de fundaţii.

Elementele de descărcare sunt alcătuite din grinzi sau bolţi. Sub aceste elemente se toarnă un strat de beton de egalizare aşezat, la rândul lui, pe un strat de pietriş.

Grinzile din beton armat pot fi cu secţiunea constantă sau cu vute pe reazeme. Aceste grinzi sunt, de obicei, continue pe reazeme late.

Fundaţii bloc şi cuzinet

Fundaţiile izolate se utilizează ca reazeme pentru stâlpi din beton armat sau metalici.

Aceste fundaţii sunt formate dintr-un cuzinet de beton armat, care face trecerea de la stâlp la blocul de fundaţie alcătuit din beton simplu (fig.14.4).

Cuzinetul din beton armat poate avea forma de prismă sau de obelisc cu bază prismatică şi repartizează sarcina de la stâlpul de beton armat pe o suprafaţă mai mare a blocului de beton simplu.

În aceste condiţii, înălţimea cuzinetului va trebui să aibă valori minime h_c >30 cm; tg0 >2/3.

Înălţimea cuzinetului mai este condiţionată de faptul că mustăţile armăturilor din stâlp trebuie să fie ancorate în cuzinet.

Dimensionarea cuzinetului rezultă din valorile admisibile ale rezistenţei la compresiune a betonului simplu al blocului de fundaţie. (fig.14.4)

Cuzinetul va fi armat la partea inferioară cu un grătar din bare din oţel beton. Această armătură de rezistenţă a cuzinetului se calculează după două direcţii, la momentul încovoietor din secţiunea de încastrare (se consideră cuzinetul încastrat în stâlp), determinat de presiunile reactive ce acţionează la baza cuzinetului.

Pentru a fi necesară armătura înclinată, dimensiunile cuzinetului trebuie să fie astfel alese, pentru a satisface condiţia: $tg\beta \geq 1$.

Dacă în unele ipoteze de încărcare ale construcţiei apar eforturi de întindere la suprafaţa de separaţie între cuzinet şi blocul de fundaţie din beton simplu, cuzinetul va fi ancorat în bloc, prin

Fundaţie rigidă izolată bloc şi cuzinet

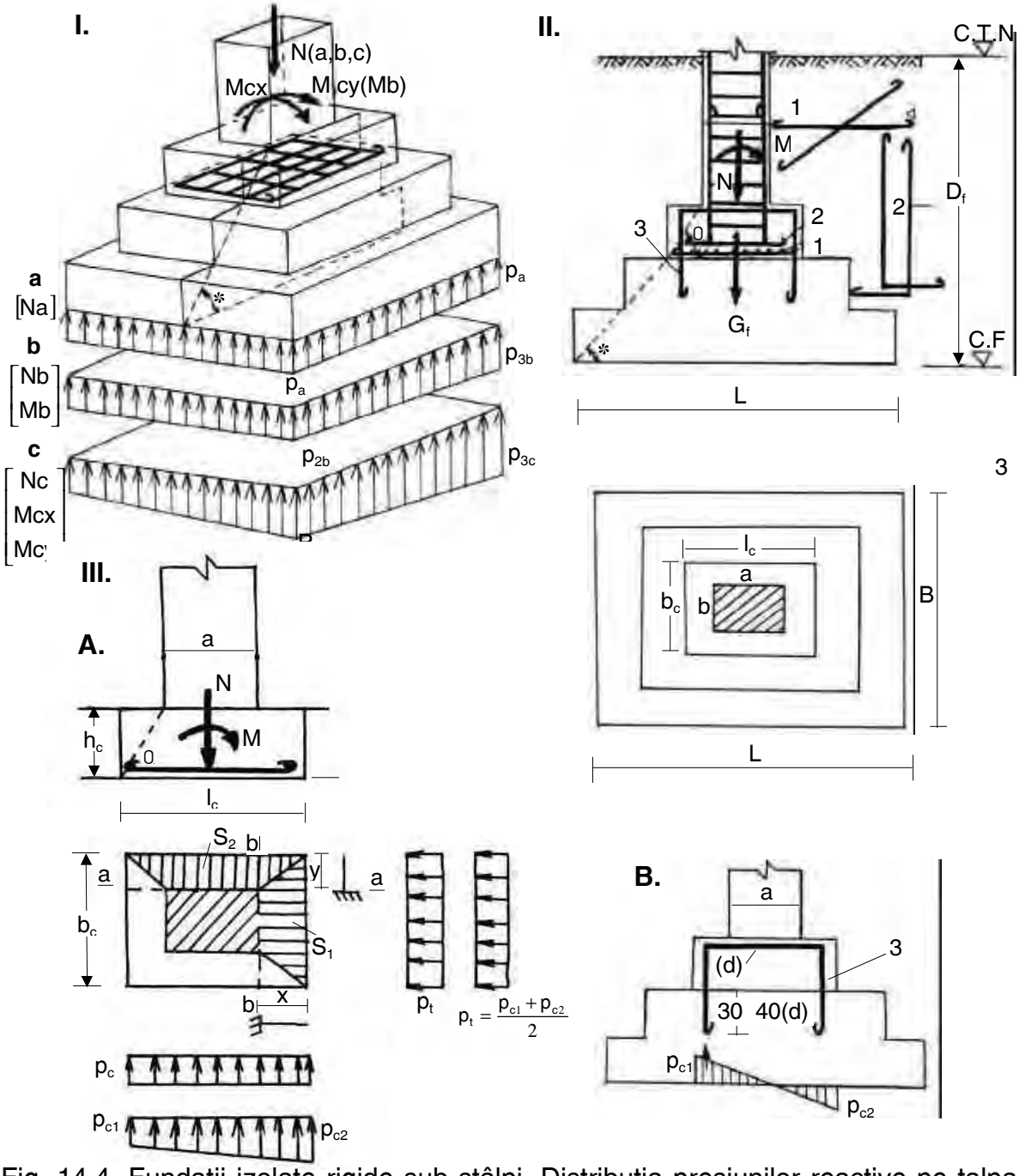


Fig. 14.4. Fundaţii izolate rigide sub stâlpi. Distribuţia presiunilor reactive pe talpa fundaţiei (I.). Alcătuire constructivă (II.). Cuzinetul (III.). Alcătuirea constructivă şi distribuţia presiunilor (A.). Ancorarea cuzinetului (B.).

armături capabile să preia întreaga forţă de întindere.

Blocul de fundaţie din beton simplu poate fi format dintr-o singură treaptă, din două sau cel mult trei trepte.

Înălţimea blocului de fundaţie din beton simplu, considerat element rigid având preponderente eforturile unitare de compresiune (în aceste condiţii, blocul are deformaţii proprii foarte mici), respectiv înălţimea fiecărei trepte trebuie astfel aleasă, încât condiţia de rigiditate să fie satisfăcută în ambele direcţii:

$$tg\,\alpha \geq tg\,\alpha_{ad} \qquad (14.3)$$

Valorile minime pentru $tg\,\alpha_{ad}$, la fundaţii izolate rigide sub stâlpi, sunt funcţie de capacitatea portantă a terenului şi marca betonului din blocul fundaţiei.

Calculul fundaţiilor rigide

În cadrul proiectării fundaţiilor, în general, se urmăresc două probleme distincte:

- dimensionarea tălpii fundaţiei, astfel încât să nu se producă deformarea sau ruperea terenului de fundaţie peste limita admisă de structura clădirii;
- dimensionarea fundaţiei propriu-zise, astfel ca să reziste la solicitările transmise de clădire spre terenul de fundare.

Fundaţiile rigide se vor calcula la încărcările date de clădire şi de presiunile reactive ce se dezvoltă la nivelul tălpii de fundaţie.

Presiunile reactive ce încarcă terenul de fundaţie provin din presiunile transmise de corpul de fundaţie şi de greutatea pământului aflat în jurul fundaţiei din zona de deasupra tălpii.

În cazul fundaţiilor rigide, executate din materiale care au o rezistenţă redusă la întindere, se va urmări ca efortul unitar normal de întindere, care depinde de presiunea reactivă şi de unghiul de rigiditate α, să fie sub anumite limite.

Unghiul de rigiditate α, care este dat în funcţie de presiuni şi materiale (din care este alcătuită fundaţia), va face ca în fundaţie să fie preponderente eforturile unitare de compresiune, având deci deformaţii proprii foarte mici.

Dimensionarea fundaţiilor sub pereţi. Dacă admitem că fundaţia rigidă este nedeformabilă şi terenul de fundaţie are o comportare perfect elastică, presiunea respectivă variază liniar.

În cazul încărcărilor centrice, ce acţionează asupra fundaţiei (rezultanta trece prin centrul de greutate al tălpilor fundaţiei), presiunile reactive sunt uniform repartizate. (fig.14.3 şi fig.14.5)

În cazul încărcărilor excentrice, ce apar datorită presiunii vântului, sau la clădirile industriale din sarcini de la pod rulant, presiunile sub fundaţii sunt considerate liniare: presiunea maximă nu trebuie să depăşească capacitatea portantă a terenului.

Dacă rezultanta se află în treimea mijlocie a bazei, vom avea eforturi de compresiune pe talpa fundaţiei. În cazul

când rezultanta se găseşte la marginea sâmburelui central, diagrama de repartizare a presiunii este triunghiulară (fig.14.5).

În cazul când rezultanta se află în afara treimii mijlocii a bazei, relaţia arată că sub talpa fundaţiei apar eforturi de întindere. În realitate aceste eforturi, nu se pot dezvolta, iar distribuţia presiunilor se face prin intermediul zonei active a suprafeţei fundaţiei. În practică se recomandă să se evite proiectarea fundaţiilor din acest ultim caz (fig.14.3 şi fig.14.5).

Calculul fundaţiilor dezvoltate simetric se efectuează pentru un tronson de 1,0 m din lungimea fundaţiei.

În cazul încărcărilor centrice condiţia presiunii de pe talpă (fig.14.3) este:

$$p_{ef} = \frac{N + G_f}{A_c} \leq p_{tr} \qquad (14.4)$$

în care:

N - încărcare pe metru liniar la nivelul fundaţiei;

$G_f = \gamma_{med} \cdot B \cdot D_f$ - greutatea fundaţiei şi a terenului de deasupra ($\gamma \cong 2000$ daN/m^3);

D_f - adâncimea de fundare;

$A_c = B \cdot 1{,}0$ - suprafaţa de contact a fundaţiei (m^2);

B - lăţimea fundaţiei (m), se determină din relaţia:

$$B = \frac{N}{p_{tr} - \gamma_{med} \cdot D_f} \qquad (14.5)$$

Condiţia de rigiditate ($tg\alpha > tg\alpha_{min}$) se va verifica după determinarea dimensiunii $a = \frac{B - d}{2}$.

Pentru H < 40 cm se adoptă H_{min} = 40 cm.

Pentru H > 60 cm fundaţia poate fi realizată în trepte.

Lăţimea maximă de aplicare a fundaţiei continue rigide se determină în cazul terenurilor de capacitate portantă mică şi transmitere de încărcări mari:

$$B_{max} = \sqrt{\frac{2N}{\gamma_m \cdot tg\alpha}} \qquad (14.6)$$

Fundaţiile continue rigide în trepte trebuie să respecte condiţiile de la fundaţiile izolate rigide.

Determinând lăţimea B, care se rotunjeşte la multipli de 5 cm, respectând condiţia de rigiditate, în continuare se adoptă secţiunea transversală.

Cunoscând dimensiunile reale ale fundaţiilor se calculează exact G_f şi se verifică din nou relaţia $p_{1,2ef} \leq p_{tr}$.

Lăţimile (B) minime rezultă din execuţia manuală a săpăturii în spaţii înguste şi din condiţia ca lăţimea soclului sau a fundaţiei să fie mai mare cu 2,5 cm de fiecare parte a zidului.

Dimensionarea fundaţiilor sub stâlpi. Blocul de fundaţie are numărul treptelor în funcţie de adâncimea de fundare şi de respectarea valorii $tg\alpha_{min}$ - caracteristică de rigiditate.

În cazul blocurilor de dimensiuni mari, se poate adopta forma de obelisc, care necesită o execuţie mai greoaie.

Dimensiunea suprafeţei de contact a blocului de fundaţie cu terenul porneşte de la următoarele date:

- alegerea adâncimii de fundare (D_f);

Variaţia presiunilor reactive funcţie de excentricitate

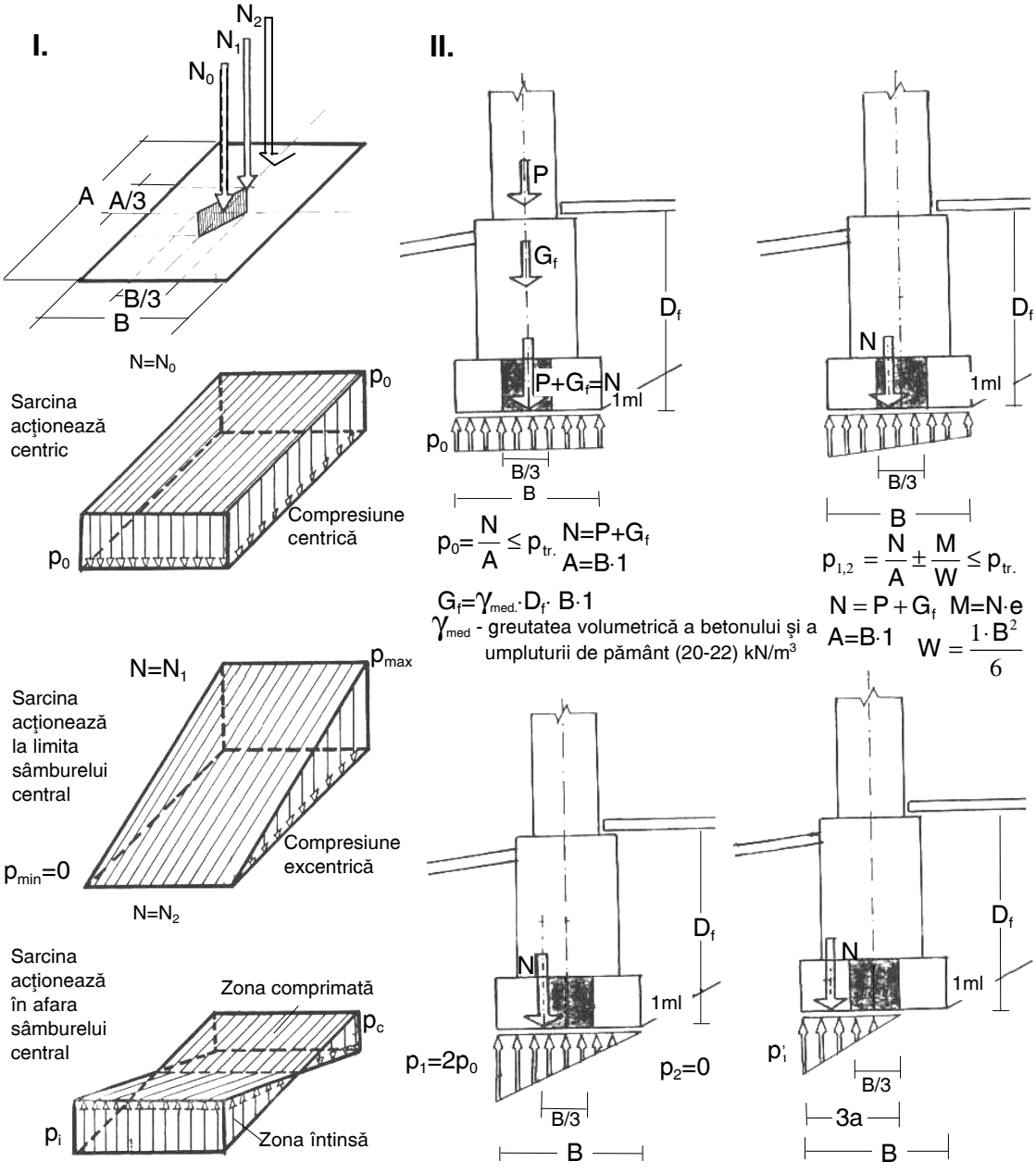


Fig. 14.5. I. Diagrame de eforturi funcţie de poziţia forţei axiale. II Calculul fundaţiilor rigide continue funcţie de excentricitate.

- stabilirea, într-o primă etapă, a înălţimii cuzinetului h_C din condiţiile constructive;

$$h_c \geq 30cm \; ; \quad \frac{h_c}{b_c} \geq 0{,}25 \qquad (14.7)$$

Stabilirea înălţimii blocului de fundaţie H:

$$H = D_f - \Delta - h_c \geq 40cm \qquad (14.8)$$

în care:

D_f - adâncimea de fundare;

▣ - porţiunea de stâlp aflată sub cota terenului natural.

Determinarea suprafeţei de contact pentru solicitări centrice (fig. 14.4):

$$p_{ef.} = \frac{N + G_f}{A_c} \leq p_{tr.} \qquad (14.9)$$

p_{ef} - presiunea efectivă la nivelul tălpii de fundaţie;

N - forţa axială la baza stâlpului;

G_f - greutatea proprie a fundaţiei şi a pământului aflat desupra ei;

G_f=(0,1-0,15)N;

A_c - suprafaţa de contact;

$A_c = L \cdot B$ - pentru fundaţie dreptunghiulară;

$A_c = L^2$ - pentru fundaţie pătrată.

p_{tr} - capacitatea portantă de calcul a terenului de fundare, funcţie de clasa de importanţă a construcţiei şi categorii de teren de fundare.

Suprafaţa de contact:

$$A_c = \frac{N + G_f}{p_{tr}} \qquad (14.10)$$

Calculul dimensiunilor suprafeţelor de contact pentru solicitări excentrice pe o direcţie (fig.14.4) se porneşte de la distribuţia presiunilor efective:

$$P_{1,2} = \frac{1{,}1 \cdot N}{A_c}\left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{L}\right) \qquad (14.11)$$

în care:

$p_{1,2}$ - presiunile efective (N/mm^2);

N - forţa axială la baza stâlpului (N);

A_c - suprafaţa de contact (m^2);

e - excentricitatea în direcţia solicitării momentului (m);

L - dimensiunea fundaţiei ce se opune momentului (m).

$$p_m = \frac{N + G_f}{A_c} \leq p_{tr.} \qquad (14.12)$$

în care:

N - forţa axială la baza stâlpului (N);

G_f - (0,1-0,15)N;

A_c - suprafaţa de contact (m^2);

p_{tr} - capacitatea portantă de calcul a terenului de fundare funcţie de clasa de importanţă a construcţiei şi categorii de teren de fundare.

Presiunile efective trebuie să satisfacă condiţiile:

$$p_1 \leq \alpha \cdot p_{tr.} \qquad (14.13)$$

α - coeficient funcţie de natura încărcărilor şi de modul de acţionare, centric, excentric după o direcţie sau două.

$$p_2 > 0 \qquad (14.14)$$

Dimensiunile L şi B rezultă din următoarele consideraţii:

L/B = n =1,1...1,3

- dacă există posibilitatea n=a/b (dimensiunile stâlpului), B se determină din relaţia:

$$B^3 - \frac{1{,}1 \cdot N_b \cdot B}{n \cdot \alpha \cdot p_{tr}} - \frac{6M_b}{n^2 \cdot \alpha \cdot p_{tr}} = 0 \qquad (14.15)$$

în care:

B - lăţimea fundaţiei;

N_b - forţa axială la baza stâlpului.

α - coeficient funcţie de natura încărcărilor şi de modul de acţiune centric sau excentric după o direcţie sau două;

M_b - momentul încovoietor exterior de la baza stâlpului;

p_{tr} - capacitatea portantă de calcul a terenului de fundare, funcţie de clasa de importanţă a construcţiei şi categorii de teren de fundare.

Se calculează în continuare (din relaţia L/B=n):

$$L = n \cdot B \qquad (14.16)$$

Determinarea dimensiunilor suprafeţei de contact pentru solicitări excentrice pe două direcţii. Distribuţia presiunilor în punctele 1, 2, 3, 4, (fig.14.4) se calculează cu relaţia:

$$p_{1,2,3,4} = \frac{N + G_f}{A_c} \pm \frac{M_{cx}}{W_x} \pm \frac{M_{cy}}{W_y} \quad (14.17)$$

în care:

N - forţa axială la baza stâlpului;

G_f - (0,1- 0,15)N;

A_c - suprafaţa de contact;

M_{cx},M_{cy} - moment încovoietor ce solicită fundaţia, raportat la axa x şi y;

W_x,W_y - modul de rezistenţă al suprafeţei A_c faţă de axa x şi y.

Condiţiile pentru aceste presiuni:

$$p_1 = p_{max.} \le \alpha \cdot p_{tr.}$$

$$p_4 = p_{min.} > 0 \qquad (14.18)$$

$$p_0 = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + p_4}{4} < p_{tr.}$$

După calcularea dimensiunilor suprafeţei de contact L, B şi înălţimea blocului H, se determină unghiul α.

Pentru ca în blocul de fundaţie din beton simplu eforturile de întindere să nu depăşească o anumită limită şi fundaţia să lucreze cu efect rigid e necesar să fie îndeplinită condiţia din relaţia:

$$tg\alpha > tg\alpha_{min.} \qquad (14.19)$$

$tg\alpha_{min}$ - valori funcţie de presiunea maximă pe teren şi marca betonului.

Valoarea $tg\alpha$ fiind definită, se trece la completarea formei blocului de fundaţie:

- pentru 40 cm$\le$ H < 60 cm, blocul de fundaţie va avea o singură treaptă;
- pentru H> 60 cm, blocul de fundaţie va avea 2-3 trepte.

Dimensiunile treptelor trebuie să satisfacă condiţiile:

$$h_t \ge 30cm; \qquad \frac{h_t}{a_t} \ge tg\alpha \quad (14.20)$$

$h \ge 15....20cm$ - pentru fundaţii obelisc.

Limita de aplicabilitate (fig.14.6**).** La dimensionarea fundaţiilor rigide, când nu este satisfăcută condiţia $P_{ef} \le P_{cr}$, pentru a reduce presiunile transmise, se măreşte talpa de fundaţie şi se va respecta, în acelaşi timp, condiţia de rigiditate $tg\alpha \ge tg\alpha_{ad}$. Aceasta va conduce la o creştere a adâncimii fundaţiei, deci a greutăţii ei proprii.

Se poate ca sporul de greutate proprie a fundaţiei să fie mai mare decât sporul de capacitate portantă realizat prin lărgirea şi adâncirea tălpii fundaţiei.

Deci fundaţia rigidă are o lăţime maximă limită, ce corespunde unei presiuni minime, transmisă la teren. Condiţia folosirii soluţiei de fundare rigidă este p_{cr}>p_{min}.

Deci fundaţia rigidă are o lăţime maximă limită:

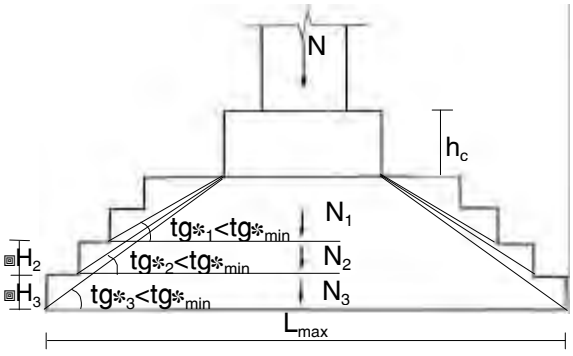


Fig.14.6 Limita de aplicare a fundaţiei rigide

$$L_{max} = \sqrt[3]{\frac{4N}{\gamma_m \cdot tg\alpha_{min}}} \qquad (14.21)$$

L_{max} - lăţimea maximă limită a fundaţiei rigide;

N - forţa axială la baza stâlpului;

γ_m - greutatea volumetrică medie a betonului şi pământului aflat desupra fundaţiei γ_m=2000 daN/m^3;

$tg\alpha_{min}$ - valorile sunt în funcţie de presiunea maximă pe teren şi marca betonului.

Dacă rezultă o lăţime a blocului de fundaţie mai mare ca L_{max}, fundaţia rigidă nu poate fi realizată, impunându-se un alt tip de fundaţie.

Calculul cuzinetului. Dimensiunile în plan ale cuzinetului rezultă din tg β care este impus (fig.14. 4).

$$l_c = L - 2H \cdot tg\beta$$
$$b_c = B - 2H \cdot tg\beta \qquad (14.22)$$

Lungimea şi lăţimea cuzinetului trebuie să satisfacă următoarele condiţii din considerente economice:

$\frac{l_c}{L} = \frac{b_c}{B} = 0{,}55...0{,}65$ - pentru bloc cu o singură treaptă;

$\frac{l_c}{L} = \frac{b_c}{B} = 0{,}4...0{,}5$ - pentru bloc cu 2-3 trepte.

Se calculează mărimea:

$$a_c = \frac{l_c - a}{2} \qquad (14.23)$$

Înălţimea cuzinetului se consideră astfel ca să fie îndeplinite condiţiile:

$$h_c \geq 30 \text{ cm} ; \frac{h_c}{b_c} \geq 0.25$$
$$(14.24)$$
$$tg\beta: \frac{h_c}{b_c} \geq 1{,}0$$

Verificarea la strivire a suprafeţei de contact a cuzinetului cu blocul de beton simplu la fundaţii cu presiuni pe teren peste 3 daN/cm^2 se realizează cu relaţia:

$$p_1 \leq k_e R_c \qquad (14.25)$$

în care: $k_e = \sqrt[3]{\frac{A_b}{A_c}} \leq 2$

p_1 - presiunea maximă pe suprafaţa de contact a cuzinetului cu blocul din beton simplu;

R_c - rezistenţa la compresiune a betonului;

$$A_b = (l_c + 2a_t)(b_c + 2b_t)$$
$$(14.26)$$
$$A_c = l_c \cdot b_c$$

Armarea cuzinetului se realizează la partea inferioară, cu bare de rezistenţă dispuse pe direcţiile b_c şi l_c (fig.14. 4).

Armătura va prelua solicitările din încovoiere date de presiunea la

contactul între cuzinet şi blocul de beton simplu al fundaţiei.

Momentele încovoietoare se stabilesc după metoda trapezelor (fig.14.4):

$$p_{1,2} = \frac{N}{A_c}(1 \pm \frac{6e_o}{l_c}) \qquad (14.27)$$

$$p_m = \frac{p_1 + p_2}{2} \qquad (14.28)$$

$$p_1 = p_{max} < R_c \qquad (14.29)$$

M_x- se calculează cu prismul de presiuni aferent suprafeţei s_1 faţă de secţiunea b-b;

M_y- se calculează cu prismul de presiuni aferent suprafeţei s_2 faţă de secţiunea a-a;

Momentele încovoietoare M_x şi M_y stabilesc ariile de armătură A_{fx} şi A_{fy} din secţiunea b_c+h_{oc} şi l_c+h_{oc}.

Dacă din calcul au rezultat procente de armare mai mici decât procentul minim de armare, se va adopta p_{min} = 0,05%.

Ancorarea cuzinetului (fig.14.4) de blocul din beton simplu se realizează în cazul când forţa N acţionează pe cuzinet cu o excentricitate ce depăşeşte limita sâmburelui central.

În cazul zonei active este necesar ca:

$$A_{activ} \geq 70\%(b_c \cdot l_c) \qquad (14.30)$$

În acest caz, volumul presiunilor de întindere rezultat va fi preluat de armături ancorate în betonul simplu. Lungimea minimă de ancorare este 30d - 40 d.

14.3. FUNDAŢII ELASTICE

În cazul sarcinilor mari sau când se impune o adâncime de fundare mică, depăşindu-se limita de aplicabilitate a fundaţiilor rigide, trebuie adoptată fundaţia elastică.

Fundaţia elastică este alcătuită din beton armat. Armătura din aceste fundaţii va prelua eforturile de întindere din încovoiere.

Fundaţiile elastice se clasifică, după modul de realizare constructivă, în :

- fundaţii continue sub ziduri;
- fundaţii izolate sub stâlpi;
- fundaţii continue sub şiruri de stâlpi;
- fundaţii pe reţele de grinzi încrucişate;
- radiere.

Fundaţii continue sub ziduri

Fundaţiile elastice se vor proiecta sub ziduri în cazul când rezultă lăţimi mari pentru fundaţiile rigide.

Folosirea fundaţiilor elastice, din beton armat, va conduce la micşorarea lăţimii de fundare şi a cotei de fundare.

Armătura fundaţiei elastice se pozează pe un strat de egalizare de

5-10 cm grosime din beton simplu.

Forma fundaţiei continue elastice poate fi dreptunghiulară la lăţimi mici şi cu feţele superioare teşite la lăţimi mari. Această ultimă formă este mai raţională, dar mai greu de executat (fig.14.7).

Fundaţie continuă elastică

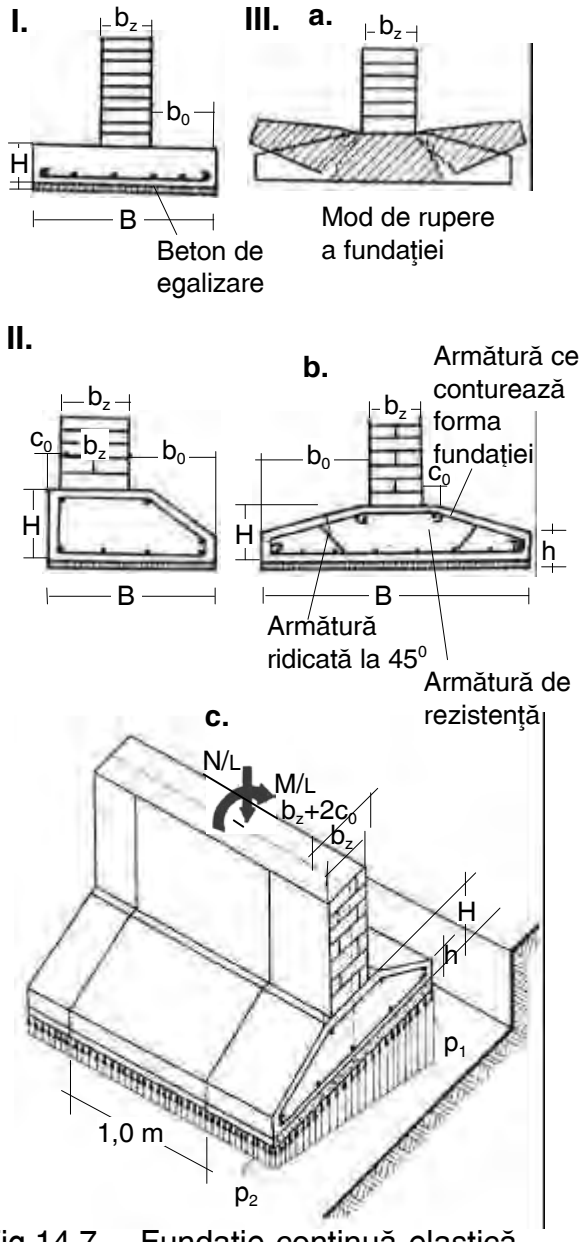


Fig.14.7. Fundaţie continuă elastică sub ziduri. Fundaţie prismatică (I.). Fundaţie excentrică (II.). Fundaţie centrică tip obelisc (III.) a. Mod de rupere a fundaţiei elastice de lăţime mare şi înălţime mică. b. Armare c. Distribuţia presiunilor reactive.

Pentru a asigura rigiditatea fundaţiei, avem o înălţime minimă constructivă a acesteia.

La partea superioară a fundaţiei, în dreptul zidului se prevede o lăţire cu

5-10 cm, care permite corectarea, la trasare a zidului, a eventualelor erori de trasare a fundaţiei.

Armătura de rezistenţă a tălpii fundaţiei se pozează transversal (fig.14.7).

Armătura de repartiţie se prevede în lungul tălpii, constructiv, datorită rigidităţii sporite ce se obţine din conlucrarea fundaţiei cu zidul.

Armăturile constructive se pozează şi la partea superioară a fundaţiei, pentru a respecta profilul fundaţiei proiectate la turnarea betonului.

Armăturile înclinate se vor prevedea în cazul apariţiei eforturilor unitare principale de întindere.

Fundaţiile elastice continue sub ziduri au, faţă de cele rigide, un consum ridicat de oţel beton.

În cazul execuţiei fundaţiilor elastice continue în teren înclinat, pentru a limita terasamentele şi volumul fundaţiilor, se va folosi forma de tălpi în gradene succesive.

Armăturile în gradene vor fi astfel dispuse, încât să se evite degradarea muchiilor. Se recomandă a se executa o legătură între gradene cu ajutorul etrierilor.

Fundaţii izolate sub stâlpi

Aceste fundaţii elastice se execută din beton armat, având marca betonului corespunzătoare cu cea a stâlpului încastrat în această fundaţie (fig.14.8).

Comparativ cu fundaţiile rigide, se reduce consumul de beton, respectiv de ciment, şi volumul de săpătură.

Datorită bunei încastrări ce se realizează între stâlp şi fundaţie, acest tip de fundaţii e recomandat în cazul stâlpilor ce transmit momente încovoietoare importante.

Fundaţiile izolate pot avea formă: paralelipipedică în trepte, obelisc, şi treaptă şi obelisc (fig.14.8).

Fundaţia sub formă de obelisc este mai des folosită de către proiectanţi.

La această fundaţie, se va prevedea o banchetă orizontală în jurul bazei stâlpului, de lăţime 5-10 cm, necesară corectării erorilor de la trasarea fundaţiei şi pentru o bună rezemare.

Înălţimea fundaţiei se va alege astfel, încât să se asigure o rigiditate necesară transmiterii în bune condiţiuni a sarcinii stâlpului la terenul de fundare.

Fundaţiile elastice, pentru stâlpii turnaţi monolit, se proiectează atunci când nu se pot folosi fundaţiile rigide izolate, în cazul terenului de fundare cu capacitate portantă redusă şi atunci când , prin folosirea lor, se pot evita lucrările sub nivelul apelor subterane.

Materialul utilizat este betonul armat. În funcţie de aşezarea reciprocă stâlp-fundaţie, se disting trei tipuri de fundaţii izolate elastice (fig.14.8):

- centrice faţă de stâlpi;
- excentrice în raport cu stâlpii;
- dezvoltate numai de o parte a stâlpului.

Calculul fundaţiilor elastice izolate

Fundaţii izolate elastice centrice faţă de stâlpi. Aria suprafeţei de contact (A_c) se determină în funcţie de felul şi intensitatea solicitării:

- pentru încărcări axiale $A_c=B^2=L^2$ pătrată;
- pentru încărcări excentrice $A_c=L\,,B$ - dreptunghiulară, raportul laturilor $n=L/B$ se recomandă pentru $M_{L1}>M_{L2}$ să fie $n_1>n_2$ şi anume $n=1{,}2...1{,}5$.

M_L - momentul încovoietor exterior, faţă de axa principală centrală perpendiculară pe direcţia B, ce acţionează după direcţia L.

Pentru $A_c \le 1{,}0\ m^2$ se adoptă fundaţie prismatică (fig.14.8).

Pentru $A_c > 1{,}0\ m^2$ se adoptă fundaţie obelisc (fig. 14.8).

Aria suprafeţei de contact se stabileşte cu ajutorul relaţiei:

$$p_{1,2} = \frac{1{,}1 \cdot N}{A_c}\left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{L}\right) \qquad (14.31)$$

cu respectarea condiţiei $p_{ef} \le \alpha p_{tr}$

Fundatiile izolate elastice excentrice , dupa doua directii, au latimea B determinata cu relatia:

$$B^3 - \frac{1{,}1N}{\alpha \cdot n \cdot p_{tr}} B - \frac{12M_B}{\alpha \cdot n \cdot p_{tr}} = 0 \qquad (14.32)$$

în care:

$$n = \frac{L}{B} = \frac{M_L}{M_B}$$

Fundaţie elastică sub stâlpi

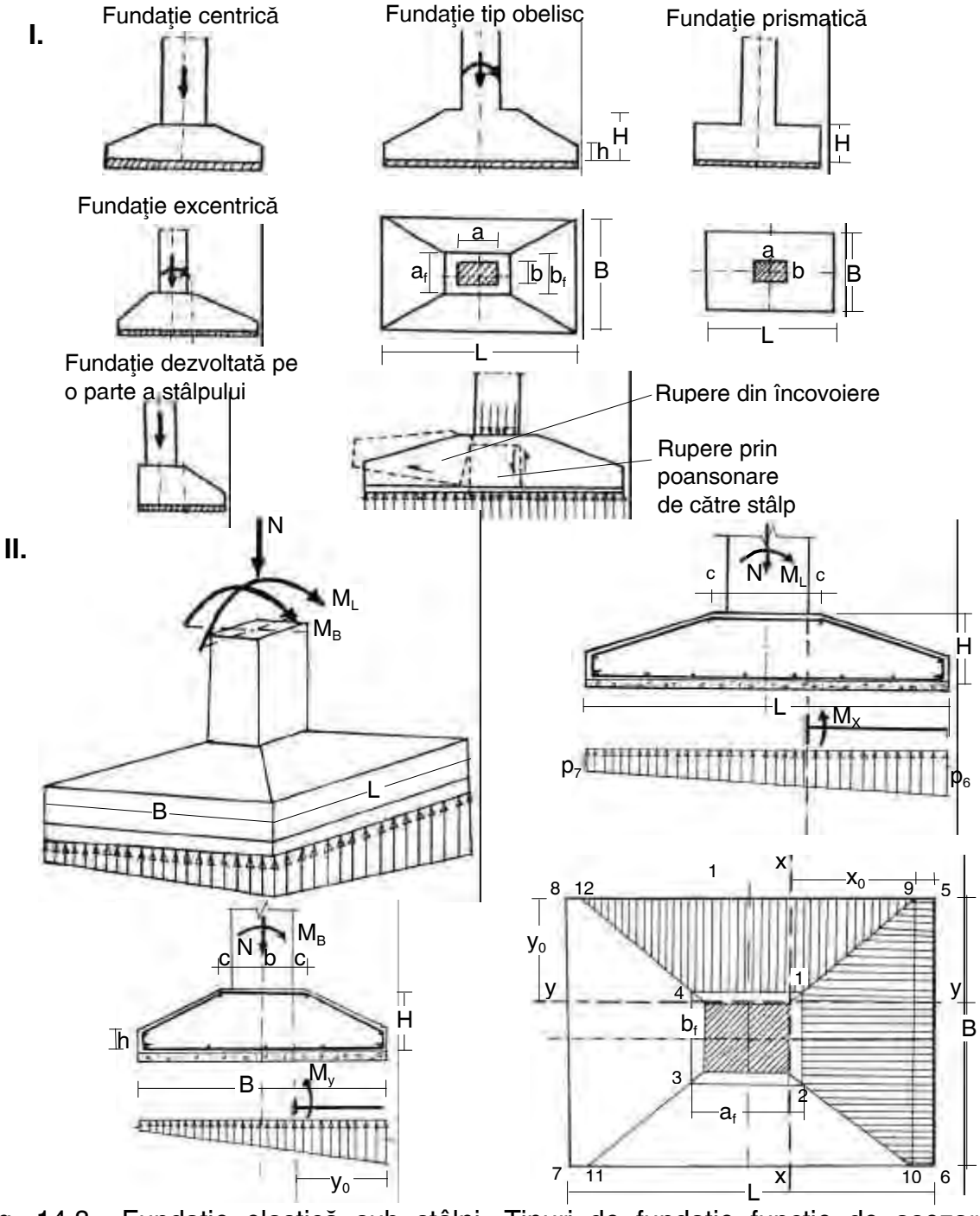


Fig. 14.8 Fundaţie elastică sub stâlpi. Tipuri de fundaţie funcţie de aşezare reciprocă stâlpi-fundaţie.(I.) Fundaţie acţionată de momente după două direcţii.(II.)

M_B - momentul încovoietor exterior faţă de axa principală centrală perpendiculară pe direcţia L, ce acţionează după direcţia B.

Date constructive de dimensionare pentru fundaţia elastică în formă de obelisc:

$c = (2,5...5)cm;\ a_f=a+2c;\ b_f=b+2c$

Respectarea raportului H/L, funcţie de p_{tr} şi marca betonului, simplifică proiectarea, nefiind necesar un calcul la forţă tăietoare şi prevederea armăturilor înclinate la 45^0, realizând şi o repartiţie bună a presiunilor pe teren.

Dacă H/L = 0,25...0,35, se asigură consum minim de armătură.

Înălţimea fundaţiei H (ce asigură rigiditatea la încovoiere a elementului) se consideră:

- pentru fundaţia prismatică:

H_{min}= 30 cm; H_{recom}= 30; 35; 40 cm

- pentru fundaţia obelisc:

H_{min}>40 cm ; $h = (\frac{1}{2} \cdots \frac{1}{3})H \geq 20cm$

Calculul fundaţiilor elastice acţionate de două momente exterioare (M_L şi M_B) sunt date de prismul de presiuni reactive după L şi B . Aceste momente trebuie să fie preluate de secţiunile de beton armat (după x-x şi y-y) H.B şi H.L.

Presiunile în colţurile suprafeţei de contact se calculează cu relaţia:

$$p_{5,6,7,8} = \frac{N}{L \cdot B} \pm \frac{6M_B}{L \cdot B^2} \pm \frac{6M_L}{L^2 \cdot B} \qquad (14.33)$$

Calculul momentelor M_x şi M_y ce determină armarea fundaţiei se realizează pe console trapezoidale, încastrate în stâlp (rezultate în urma împărţirii suprafeţei A_c cu drepte la 45^0 duse din colţurile stâlpului) şi încărcate cu prismul de presiuni aferente acestor suprafeţe.

Calculul acestor momente se poate face cu relaţiile de mai jos:

$$p_1 > p_2 \rightarrow M_x = \alpha\beta p_1 L^3 \qquad (14.34)$$

$$M_y = \frac{p_{med} B^3}{\eta} \qquad (14.35)$$

$$p_1 = p_2 = p \rightarrow M_x = \frac{pL^3}{\lambda} \qquad (14.36)$$

$$M_y = \frac{pB^3}{\eta} \qquad (14.37)$$

în care:

$$\lambda = f(\frac{B}{L}, \frac{a}{L}, \frac{b}{B}) \qquad \eta = f(\frac{B}{L}, \frac{a}{L}, \frac{b}{B}) \qquad (14.38)$$

$$\alpha = f(\frac{p_2}{p_1}) \qquad \beta = f(\frac{B}{L}, \frac{a}{L}, \frac{b}{B})$$

Armarea fundaţiei elastice izolate se realizează în funcţie de M_x şi M_y, în secţiunile HB_{oc} şi LH_{oc} şi se determină armătura paralelă cu direcţia x-x (ce se repartizează uniform pe latura B) şi armătura paralelă cu direcţia y-y (ce se repartizează pe intervalul a+2%).

Armătura de la partea superioară a obeliscului, pentru adâncimi mari de fundare, se verifică la momentul dat de umplutura de pământ de deasupra fundaţiei.

Dacă înălţimea H este suficient de mare, nu sunt necesare armături înclinate, astfel betonul poate prelua eforturile unitare principale de întindere.

Armătura de rezistenţă se pozează la partea inferioară a fundaţiei sub forma unui grătar de bare. Armătura constructivă se va monta la partea

superioară a fundaţiei, care dă forma fundaţiei pentru turnarea betonului.

Fundaţii continue sub şiruri de stâlpi

Fundaţiile sub formă de tălpi continue, din beton armat, se folosesc în următoarele situaţii:

- când fundaţiile izolate alăturate sunt prea apropriate;
- când este necesară o rigidizare la nivelul fundaţiilor, datorită compresibilităţii mari a terenului;
- când fundaţiile izolate sunt împiedicate, de o construcţie existentă, a fi evazate;
- când se evită fundaţiile izolate excentrice, la stâlpii de la calcan.

Aceste tălpi continue (fig.14.9) au formă de T întors.

Secţiunea este alcătuită din grinda propriu-zisă, cu secţiune dreptunghiulară, şi placa de bază, dezvoltată simetric faţă de grindă.

Datorită sarcinilor importante înălţimea grinzilor este mare (1/3-1/6 din distanţa dintre stâlpi).

Din cauza înălţimii mari a grinzilor, barele înclinate se ridică şi la unghiuri de 60^0, în loc de 45^0.

Grinda de fundaţie propriu-zisă are armătura de rezistenţă, în sens longitudinal, alcătuită din bare drepte şi înclinate.

La stâlpii de dimensiuni mari, pentru a evita o lăţime mare a grinzii de fundaţie, ea se desparte în două grinzi gemene.

Talpa de fundaţie (placa de bază) are armătura de rezistenţă în sens transversal, iar armătura de repartiţie în sens longitudinal. În unele cazuri, în funcţie de deschiderea grinzii între stâlpi, se poate lua înălţimea plăcii de bază egală cu cea a grinzii propriu-zise.

Fundaţiile continue sub şiruri de stâlpi încep să se toarne pe un strat de egalizare de beton simplu de 5-10 cm grosime, pe care se montează armătura.

Calculul simplificat al fundaţiilor continue sub şiruri de stâlpi se va realiza considerând: grinzile longitudinale încărcate de jos cu presiunile reactive, şi de sus cu sarcinile stâlpilor, iar plăcile transversale din partea inferioară - încărcate de jos cu presiunile reactive, şi de sus cu sarcina liniară transmisă de inima grinzii.

Placa de bază se consideră încastrată în dreptul grinzii şi încărcată cu presiunea reactivă distribuită liniar (datorită rigidităţii mari în raport cu terenul).

Pentru calculul simplificat al grinzii se acceptă distribuţia plan-liniară a presiunilor reactive în lungul fundaţiei, bazându-se pe rigiditatea mare a grinzii şi pe un teren cu capacitate portantă scăzută. Grinda de fundaţie se va rezolva prin metoda grinzii continue cu reazeme fixe, care se poate aplica atunci când sarcinile (şi distanţa între stâlpi) sunt de valori apropriate.

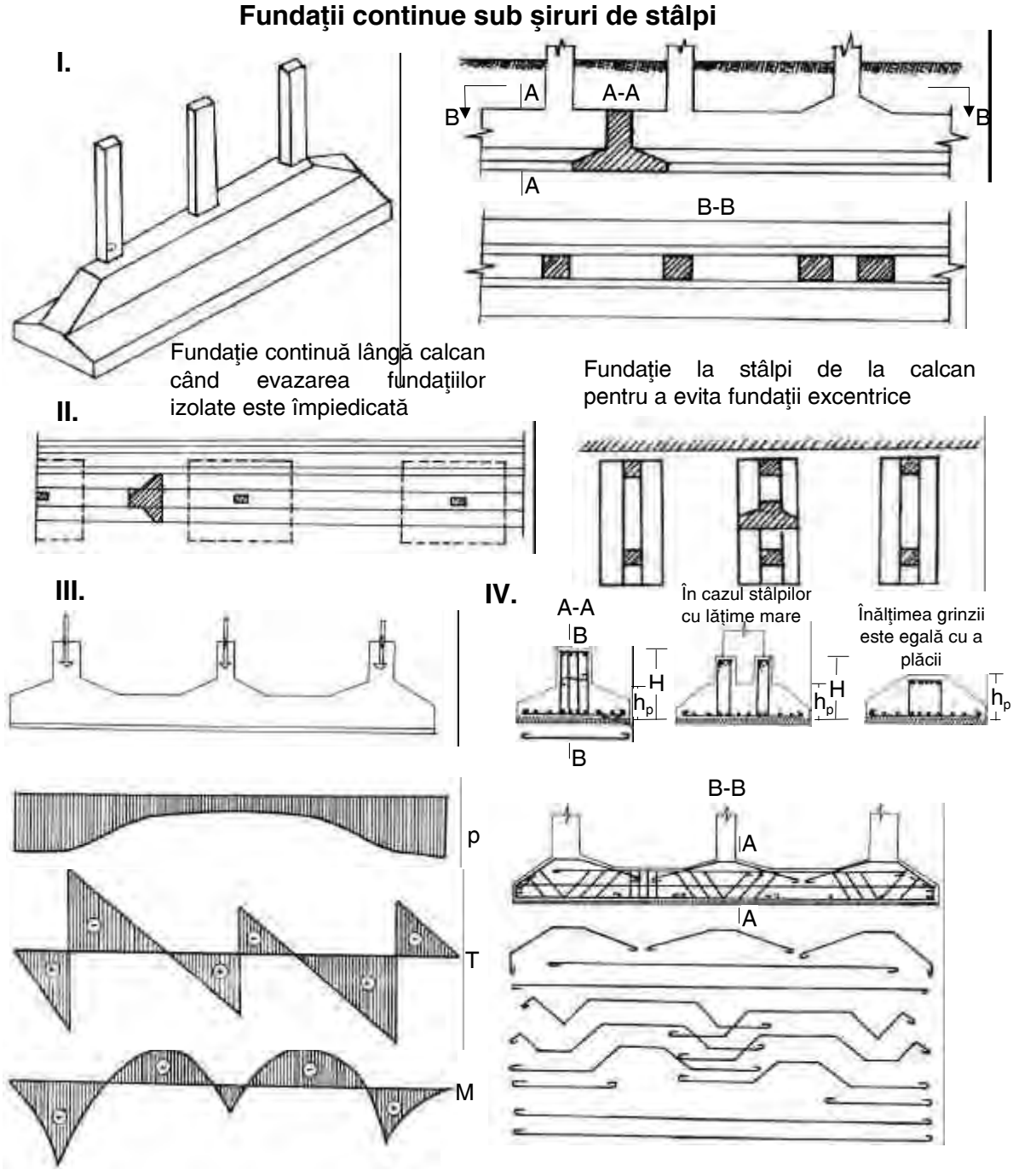


Fig. 14.9 Fundaţie continuă elastică sub stâlpi. Alcătuire. Proiecţie axonometrică. Secţiune transversală, longitudinală. Vedere (I.). Cazuri de utilizare (II.). Diagrame de eforturi (III.). Alcătuire constructivă. Armare. Secţiuni transversale. Secţiune longitudinală (IV.)

Fundaţiile din grinzi continue încrucişate

Acest tip de fundaţii se utilizează în următoarele cazuri:

- la construcţiile etajate cu structura de rezistenţă pe cadre de beton armat, la care suprafaţa de fundare a tălpilor după o direcţie nu este suficientă;
- în terenuri de fundare cu tasări neuniforme, la care apare necesară rigidizarea construcţiei pe direcţie transversală şi longitudinală.

Fundaţiile-reţele de grinzi continue încrucişate, pentru calcul, se descompun în tălpi continue separate după cele două direcţii.

Încărcarea acestor tălpi de fundaţie se face după cele două direcţii, funcţie de raportul deschiderilor între stâlpi.

Fundaţii radier

Fundaţiile-radier se folosesc în mod obişnuit pe terenuri cu capacitate portantă redusă.

În cazul acestor terenuri, presiunile trebuie repartizate pe suprafeţe cât mai mari posibil.

Aceste fundaţii se mai utilizează în pământuri cu tasări neuniforme (zone cu compresibilitate variată), unde rigiditatea fundaţiei poate asigura micşorarea acestor tasări.

În cazul structurilor, care transmit sarcina de la construcţie spre teren printr-un număr mare de stâlpi amplasaţi la distanţe mici între ei, soluţia fundaţiei-radier înlătură dificultăţile legate de executarea unui număr mare de săpături independente într-un spaţiu relativ restrâns.

Fundaţia-radier este alcătuită ca un planşeu întors, încărcat cu presiunile reactive şi rezemat de stâlpii structurii.

Acest tip de fundaţii se foloseşte la construcţiile înalte, care transmit încărcări mari pe suprafeţe relativ mici, ca de exemplu : clădiri înalte, silozuri, buncăre, rezervoare.

Fundaţiile-radier se execută din beton simplu radiere de greutate sau din beton armat radiere de rezistenţă.

Radierele de greutate se folosesc ca fundaţii pentru construcţii cu subsoluri şi construcţii îngropate (rezervoare) situate sub nivelul apelor subterane. În acest caz se realizează, cu fundaţiile-radier, cuve etanşe.

Radierul este independent de fundaţia construcţiei, fiind separat de aceasta prin rosturi etanşe. Acest tip de fundaţie (pardoseală de tip greu) nu transmite sarcinile de la construcţie la teren.

Radierul de greutate se execută din beton simplu, iar grosimea rezultă din condiţia ca greutatea lui să echilibreze sub presiunea apei.

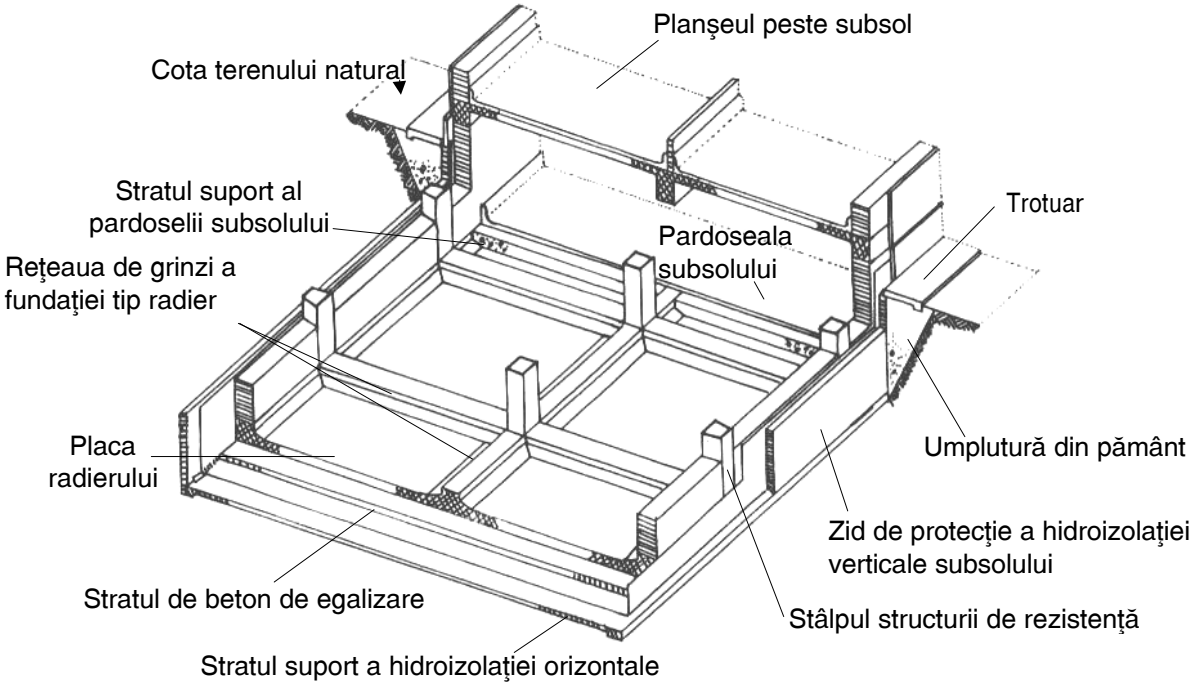
Radiere de rezistenţă din beton armat care lucrează la încovoiere pot fi (fig.14.10):

- radiere tip placă;
- radiere cu grinzi;
- radiere tip planşee-ciuperci.

Radiere tip placă sunt alcătuite constructiv în mod analog cu plăcile şi planşeele obişnuite. Fundaţia radier

Fundaţie tip radier general

I.



II.

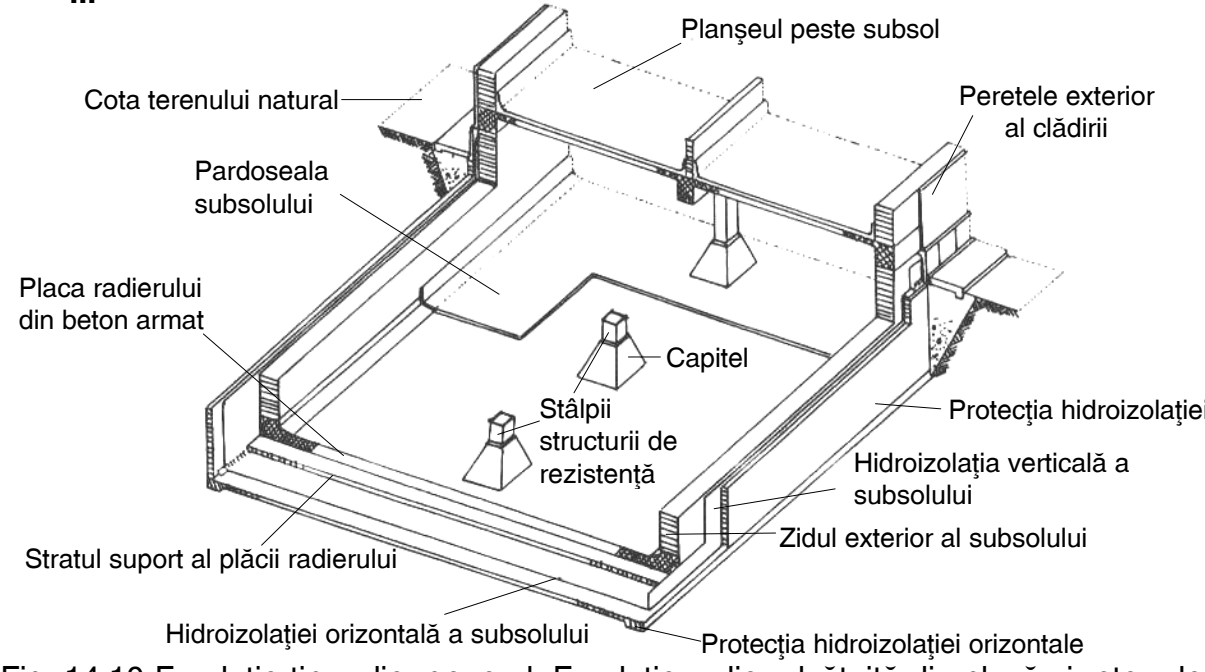
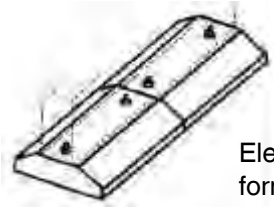
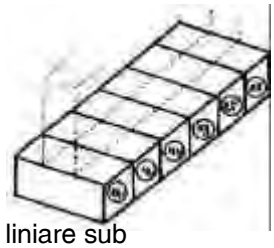


Fig. 14.10 Fundaţie tip radier general. Fundaţie radier alcătuită din placă şi reţea de grinzi la partea superioară (I.). Fundaţie radier sub formă de planşeu-ciuperci întors.(II.)

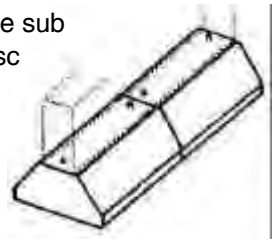
Fundaţii din elemente prefabricate de beton armat



I. Fundaţii prefabricate sub pereţi



Elemente liniare sub formă de obelisc

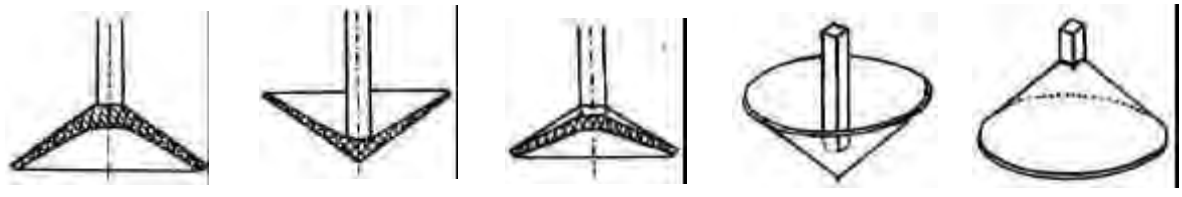


Elemente liniare sub formă de paralelipiped cu gol interior

Intersecţia fundaţiilor sub formă de obelisc

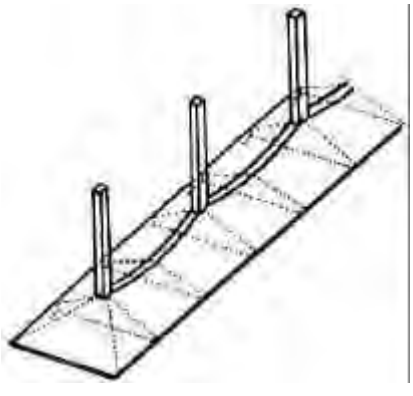
Elemente liniare sub formă de obelisc nervurate

II. Fundaţii izolate prefabricate sub stâlpi



III. Fundaţie continuă din elemente prefabricate sub stâlpi

IV. Fundaţie tip radier din elemente prefabricate sub şiruri de stâlpi



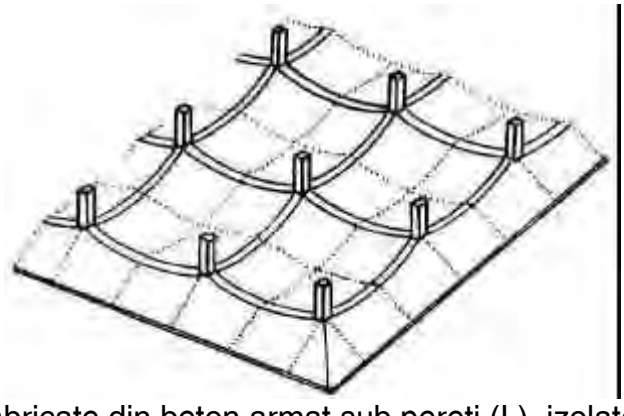


Fig. 14.11 Fundaţii din elemente prefabricate din beton armat sub pereţi (I.), izolate sub stâlpi (II.), continue sub şiruri de stâlpi (III.) şi radier general (IV.)

este formată dintr-o placă cu grosimea de minim 20 cm, pentru asigurarea rigidităţii.

Reazemele plăcii le constituie zidurile portante, aşezate la distanţe de 3-3,5 m. Plăcile sunt armate după direcţia scurtă (cea între ziduri) şi prezintă vute în dreptul zidurilor, pentru preluarea momentelor încovoietoare.

Radierele cu grinzi: se folosesc la clădirile cu schelete de rezistenţă pe cadre. Plăcile (armate după două direcţii) sunt rezemate pe o reţea de grinzi principale sau grinzi principale şi secundare.

Placa radierului poate fi aşezată la partea inferioară a grinzilor. În aceste condiţii, se execută bine hidroizolaţia orizontală, dar se reduce înălţimea utilă a subsolului. La aceste radiere cu grinzi întoarse spaţiile libere, dintre grinzi şi subpardoseala suspendată, pot fi folosite pentru plasarea conductelor instalaţiilor.

Radiere tip planşeu-ciupercă(fig.14.9) sunt alcătuite dintr-o placă de beton armat de grosime 30-50 cm, iar stâlpii reazemă pe această placă prin intermediul unor capiteluri.

Capitelurile sunt, ca şi planşeele-ciupercă, cu o pantă, cu două pante sau cu placă de consolidare. Capitelurile vor repartiza sarcina din stâlpi pe o suprafaţă mai mare a plăcii.

Acest tip de radiere se utilizează la rezervoare îngropate sau la depozite subterane.

Avantajele acestor radiere sunt: înălţimea de construcţie redusă (30-50 cm); eliminarea cofrajelor pentru grinzi; economie de armătură; ambele feţe ale radierului sunt plane.

Fundatii prefabricate

În vederea micşorării greutăţii şi timpului de execuţie, ceea ce conduce la mărirea productivităţii, elementele infrastructurii se pot concepe din prefabricate de beton armat.

Fundaţiile continui sub ziduri se pot realiza din tălpi prefabricate liniare din elemente sub formă de obelisc, obelisc nervurat sau prismatice, (fig. 14.11.I) cu posibilităţi de solidarizare cu elementele verticale portante (pereţi).

Fundaţiile izolate se pot concepe din pânze subţiri de beton armat sub formă de conoizi cu rezemarea stâlpului pe partea exterioară (clopot) sau interioară (fig. 14.11.II).

Prefabricarea fundaţiilor continui sub şiruri de stâlpi sau tip radier (fig.14.11.III, IV) se poate realiza din pânze subţiri nervurate din beton armat (elemente de margine, curente) asamblate între ele dar şi cu elementele verticale de rezistenţă (stâlpi).

Capitolul

15

HIDROIZOLAŢII LA FUNDAŢII ŞI SUBSOLURI

15.1. GENERALITATI

Protecţia contra apei din pământ se realizează, la fundaţii şi subsoluri cu ajutorul hidroizolaţiei şi al drenurilor.

Hidroizolaţiile sunt acele lucrări care asigură clădirilor posibilitatea de oprire a pătrunderii apei.

Apa, subsolurile şi fundaţiile

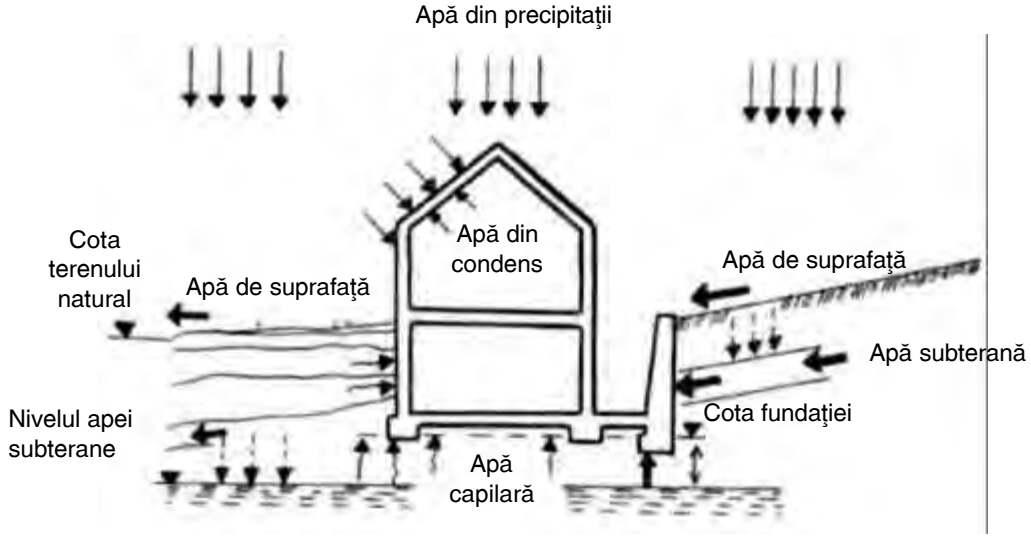
Apa acţionând sub diverse forme asupra elementelor de construcţie, produce efecte nefavorabile (fig.15.1.I):

- reduce rezistenţele mecanice;
- elementul de construcţie umezit este distrus de ciclul îngheţ-dezgheţ;
- are o acţiune dizolvantă, ceea ce măreşte porozitatea elementului, conducând la o scădere a rezistenţei;
- produce eflorescenţă, ridicându-se prin absorţie capilară şi evaporându-se pe suprafaţa elementelor de construcţie.

Apa acţionează sub trei forme asupra fundaţiilor şi subsolurilor clădirilor (fig. 15.1.II):

- umiditatea pământului este constituită din apa reţinută în jurul particulelor de pământ, apa din pori şi canale capilare;
- apa fără presiune hidrostatică - provine din: precipitaţiile atmosferice sau procese tehnologice. Aceste ape de infiltraţie se scurg liber pe suprafaţa elementelor de construcţie, fără a crea, în mod practic, o presiune hidrostatică;
- apa cu presiune hidrostatică - e constituită din pânzele de apă subterană sau din apa înmagazinată în bazine, rezervoare şi canale.

I. Apa ce acţionează asupra unei clădiri



II. Protecţia subsolului contra apei din pământ

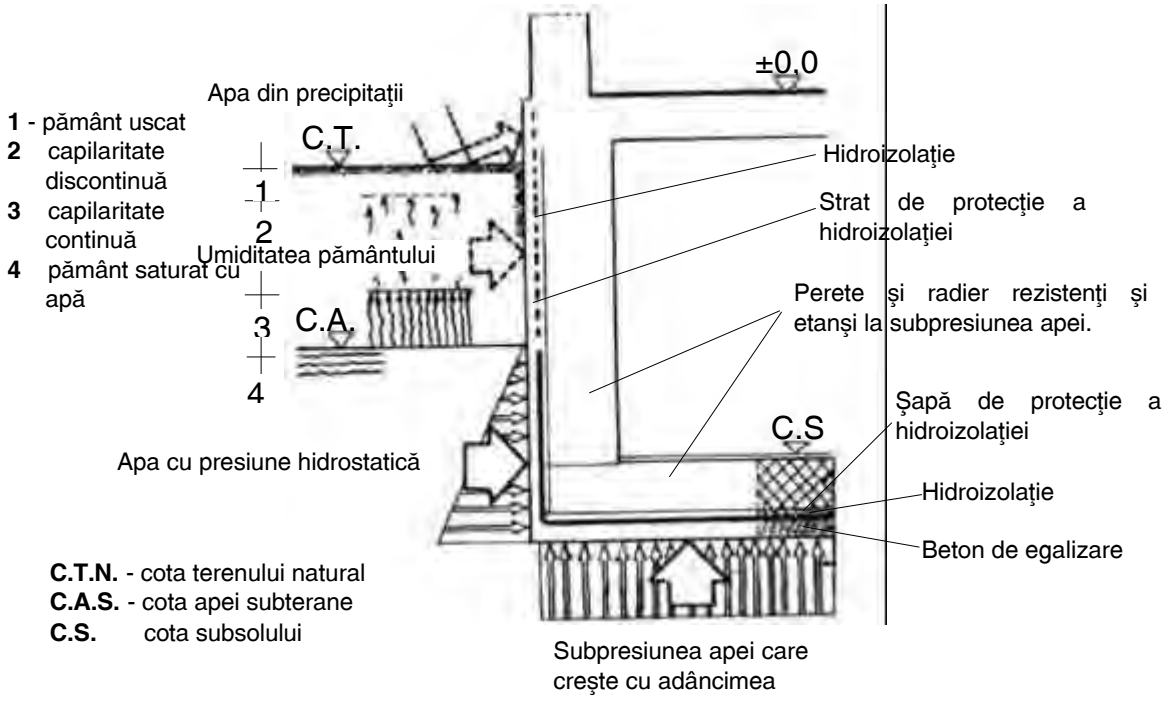


Fig. 15.1 Apa ce acţionează asupra infrastructurii şi suprastructurii unei clădiri (I.). Protecţia subsolului clădirii contra apei din pământ (II.).

În funcţie de prezenţa apei în terenul de fundare, putem distinge patru zone:

- zona apei subterane, în care existenţa apei are un caracter permanent;
- zona de pământ saturat sau a capilarităţii continue; în această zonă, imediat deasupra apei subterane, pământul prezintă canale capilare umplute în totalitate cu apă;
- zona capilarităţii discontinue, în care porii mici din pământ sunt umpluţi cu apă, iar cei mari conţin aer;
- zona pământului uscat este aproape de suprafaţa terenului în ai cărui pori nu există apă.

În proiectare, se va lua în considerare, ca nivel al apelor subterane, nivelul maxim al zonei capilarităţii continue, care este în corelatie cu succesiunea şi natura straturilor de pamânt.

La concepţia clădirilor şi în special a fundaţiilor, la cele cu sau fără subsol, se va lua în considerare nivelul apei subterane în corelaţie cu succesiunea şi natura straturilor de pământ. Aceasta va conduce la o stabilitate, siguranţă şi durabilitate a sistemului de fundare a clădirii (fig. 15.2.I).

Nivelul apei subterane va influenţa concepţia hidroizolării infrastructurii (subsol, fundaţii) clădirilor (fig. 15.2.II).

Clasificarea hidroizolaţiilor

Funcţie de tipul materialelor utilizate, hidroizolaţiile pot fi:

- hidroizolaţii elastice;
- hidroizolaţii bitumate executate prin vopsire. Se aplică pe suprafeţele drişcuite ale elementelor din beton şi tencuieli. Ele pot fi realizate din mastic de bitum topit sau din straturi de mase bitumate reci;
- hidroizolaţii din straturi multiple bitumate alcătuite din foi bitumate: cartoane, pânze, împâslituri şi ţesături bitumate lipite de suporturi şi având între ele mase bitumate calde sau reci;
- hidroizolaţii din mase plastice sunt formate din folii de mase plastice polietilenă, P.V.C. lipite cu adezivi pe diferite suporturi;
- hidroizolaţii rigide. Acest tip de hidroizolaţie este alcătuit din mai multe straturi de mortar de ciment, cu sau fără aditivi, de grosimi variabile;
- hidroizolaţii metalice. Se utilizează atunci când presiunea pe suprafaţa hidroizolaţiei este mai mare de 5 daN/cm^2, la temperaturi sau vibraţii importante. Sunt folosite la clădiri monumentale. Aceste hidroizolaţii se execută din foi de tablă de oţel, plumb sau cupru, sudate şi protejate anticoroziv.

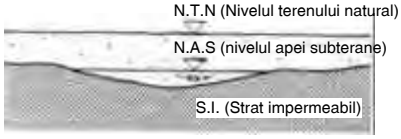
15.2. ALCĂTUIRE CONSTRUCTIVĂ

Izolaţiile hidrofuge la fundaţii sunt alcătuite din mai multe straturi, cu roluri distincte: suportul hidroizolaţiei, hidroizolaţia propriu-zisă, protecţia hidroizolaţiei (fig.15.3).

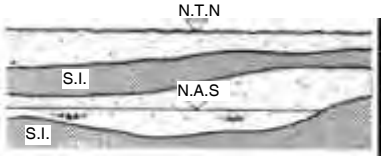
Suportul hidroizolaţiei este alcătuit dintr-o tencuială drişcuită, din mortar de ciment şi nisip.

I. Nivelul apei subterane în corelaţie cu succesiunea şi natura straturilor de pământ

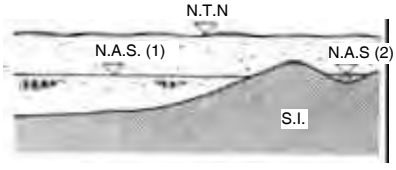
Apa subterană deasupra stratului impermeabil (SI)



Apa subterană între două straturi impermeabile

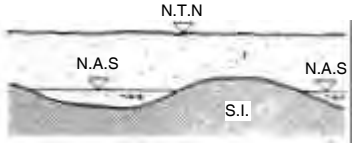


Apa subterană pe suprafaţă mare (1)
sau sub formă de lentilă (2)

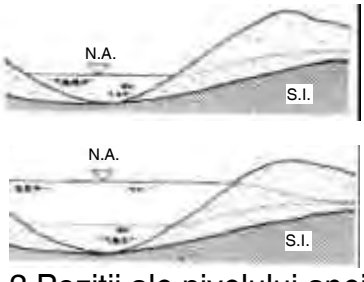


Apa subterană deasupra unui strat impermeabil (SI)
străbătut local de un strat necoeziv

Apa subterană localizată în
încreţiturile stratului impermeabil (SI)

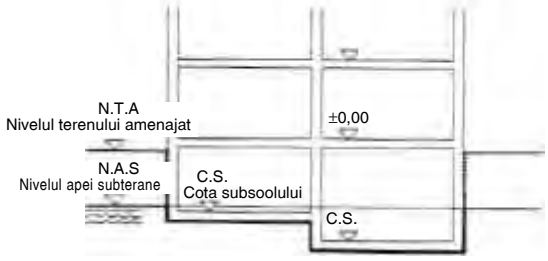


Modificarea nivelului apei subterane

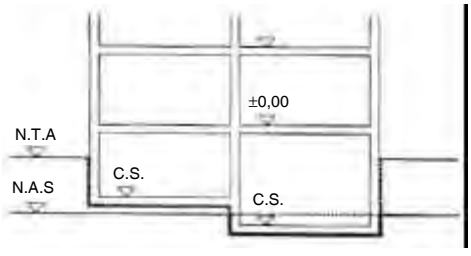


II. Depedenţa între nivelul apei subterane şi hidroizolaţia infrastructurii clădirii

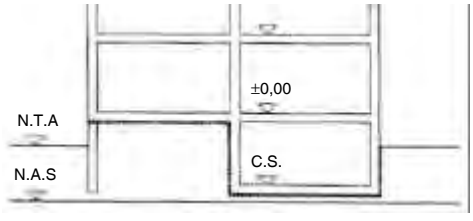
Nivelul apei subterane depăşeşte cota subsolului



Nivelul apei subterane depăşeşte
cota subsolului de la porţiunea mai adâncită



Cota subsolului şi a fundaţiei este
deasupra nivelului apei subterane



Fundaţiile de suprafaţă au cota de fundare
deasupra nivelului apei subterane

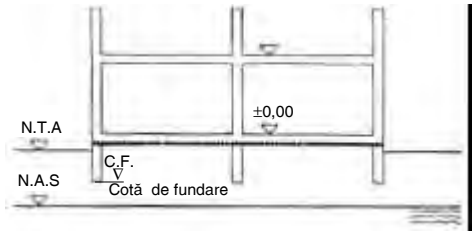


Fig. 15.2 Poziţii ale nivelului apei subterane şi succesiunea straturilor de pământ (I.).
Hidroizolaţia infrastructurii clădirii funcţie de poziţia nivelului apei subterane (II.).

Hidroizolaţia propriu-zisă se alcătuieşte funcţie de materialele şi procedeele de execuţie prevăzute în proiect.

Protecţia hidroizolaţiei are rolul de a asigura izolaţia în cazul acţiunilor mecanice ce pot apărea în timpul execuţiei sau exploatării construcţiei.

Stratul de protecţie poate fi alcătuit: dintr-o tencuială de ciment, dintr-un perete de cărămidă (7,5 sau 12 cm) ori de beton (10-12 cm).

Materiale pentru hidroizolaţii elastice

Aceste materiale sunt:

- materiale pentru amorsare, etanşare şi lipire, aplicate la rece: soluţie bitumata, din bitum fierbinte şi white-spirt sau suspensie de bitum fierbinte cu var hidratat , pastă care se diluează uşor, cu apă rece;
- materiale pentru etanşare şi lipire aplicate la cald. Bitumurile utilizate la noi în ţară sunt bitumuri oxidante de petrol şi neparafinoase;
- foi bitumate - sunt covoare hidroizolante, livrate în suluri;
- carton bitumat, material cu suport celulozic sau celulozic cu adaus din deşeuri textile;
- pânze bitumate, material cu suport din ţesătură cu fire organice sau împâslitură, cusute din fibre de poliesteri;
- împâslituri din fibre de sticlă bitumată;
- ţesături din fire de sticlă bitumată, material cu suport de pânză ţesută din fire răsucite de fibre de sticlă;
- folii de P.V.C. (policlorură de vinil), care se aplică prin sudură şi/sau lipire cu adezivi, la rezervoare, bazine;
- folii de polietilenă, care se prezintă sub formă de masă sidefoasă, în cazul folosirii la hidroizolaţie, se amestecă cu negru de fum.

Materiale pentru hidroizolaţii rigide

Aceste materiale sunt:

- cimenturile care se utilizează la lucrările ce se află permanent în apă (bazine, rezervoare), sunt: ciment Portland, ciment maritim, cimenturi pentru betoane la constructii hidrotehnice masive;
- nisipurile folosite trebuie să fie naturale, de carieră sau balastieră şi de natură silicioasă;
- aditivi impermeabilizatori se întrebuinţează la prepararea mortarelor de ciment cu permeabilitatea redusă (în proporţie de 3% din greutatea cimentului).

Execuţia hidroizolaţiilor

Pregătirea stratului - suport. Rolul stratului-suport: indiferent de hidroizolaţia care se aplică trebuie să fie rezistent, să nu aibă agregate ce se desprind sau straturi neaderate care se pot coşcovi (fig.15.3).

Hidroizolaţiile aplicate prin vopsire trebuie să aibă suprafeţe continue şi netede, cu scafe şi muchii rotunjite.

În cazul hidroizolaţiei elastice, stratul suport este constituit dintr-o tencuială din mortar de ciment cu suprafaţa drişcuită.

Protecţia contra apei a subsolului clădirii

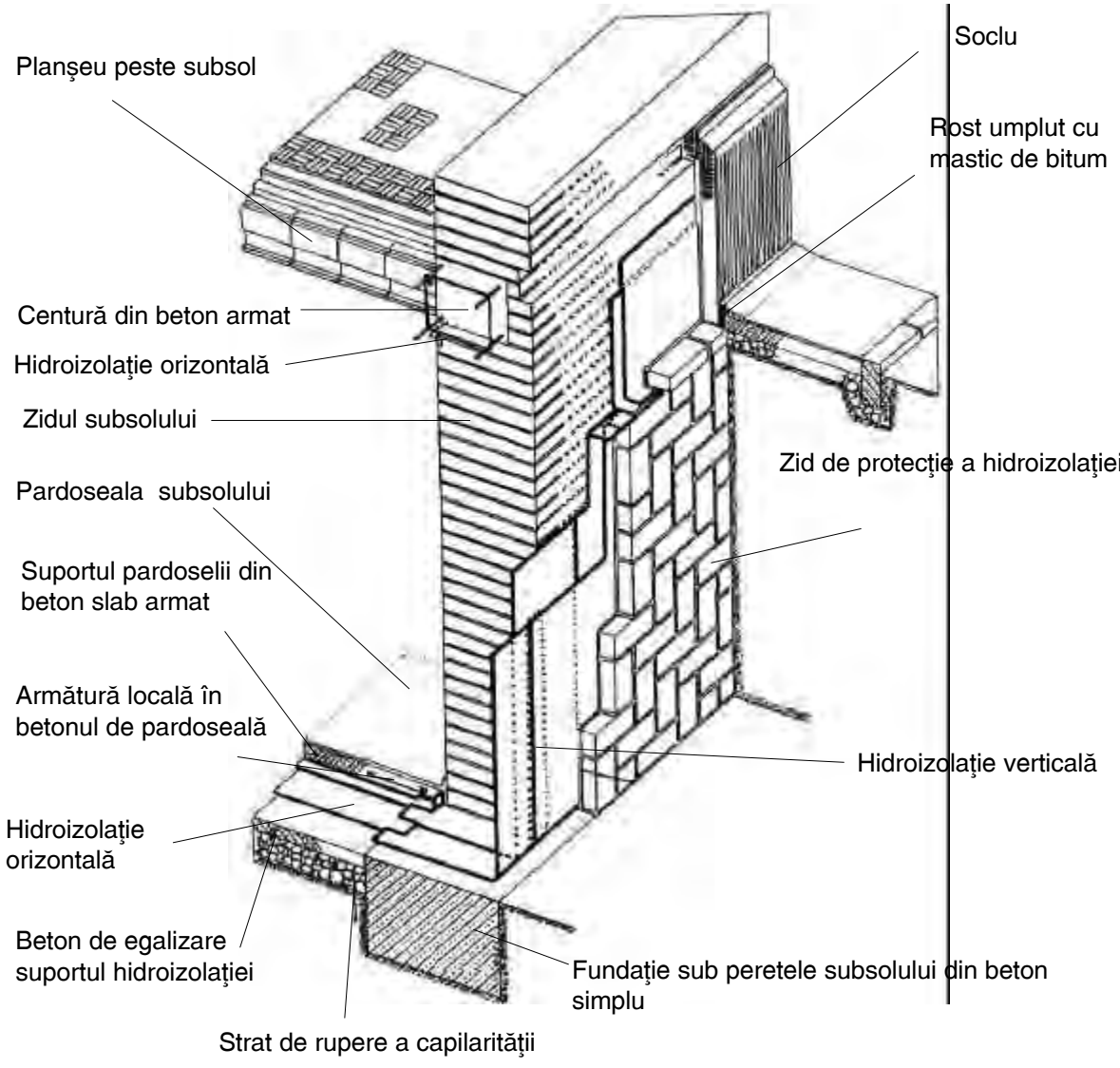


Fig. 15.3 Hidroizolarea peretelui şi pardoselii subsolului.

Execuţia amorsajului. Stratul-suport uscat se vopseşte, prin frecare energică cu perii înmuiate în bitum. Aplicarea celui de-al doilea strat se face după uscarea primului.

Hidroizolaţii aplicate prin vopsire. Straturile bitumate de etanşare prin vopsire se aplică după uscarea stratului de amorsaj.

Aplicarea la rece a celor 3 straturi de bitum tăiat se face cu peria, iar la cald, se aplică în două straturi, cu deosebirea că pentru porţiunile unde nu se poate utiliza peria e folosit canciocul.

Hidroizolaţiile orizontale şi verticale din straturi multiple. Aplicarea foilor bitumate se realizează după uscarea stratului de amorsaj. După derulare şi curăţare, foile se lasă un timp, pentru a se îndrepta, iar apoi se croiesc după dimensiunile necesare punerii în operă.

Lipirea foilor se face prin derularea succesivă a sulurilor peste un strat de mastic (bitum şi filer de calcar) fierbinte, turnat cu canciocul pe toată lăţimea sulului. Celelalte straturi se aplică în acelaşi fel. Petrecerile straturilor se realizează prin decalarea, cu jumătate de lăţime, a foilor bitumate.

În cazul aplicării pe elemente verticale, lipirea începe de la partea inferioară a foilor gata croite. Hidroizolaţia pe verticală se execută complet, pe tronsoane de 2-3 m.

Hidroizolaţiile rigide. Straturile din care sunt alcătuite tencuielile din mortar de ciment sunt: un strat (aplicat prin stropire) din lapte de ciment, trei straturi succesive din mortar de ciment şi un strat de protecţie din mortar de ciment sclivisit.

15.3. HIDROIZOLAŢII CONTRA UMIDITĂŢII PĂMÂNTULUI

Hidroizolaţiile contra umidităţii terenului protejează fundaţiile contra pătrunderii apei din pământ, prin absorţie capilară.

Fundaţiile sunt situate deasupra nivelului apelor subterane şi a zonei capilare continue (fig.15.1.II).

Hidroizolaţiile contra umidităţii pământului cuprind: hidroizolaţia orizontală şi verticală la pereţi şi hidroizolaţie la pardoseli.

Hidroizolaţiile orizontale la pereţi. În cazul clădirilor fără subsol se aplică o hidroizolaţie orizontală continuă (la trecerea de la soclu la zidărie), atât la pereţii exteriori, cât şi la cei interiori (fig.14.3.I).

Hidroizolaţia se execută utilizând două straturi de carton asfaltat între straturi de bitum.

La acelaşi nivel, cu această hidroizolaţie, e aplicat stratul cu rol de rupere a capilarităţii pământului (alcătuit din pietriş sau piatră spartă). Aceasta va împiedica ridicarea apei, prin capilaritate, până la suportul pardoselii. Acest strat se aşează peste stratul de umplutură de pământ.

Hidroizolaţia orizontală la pereţi trebuie amplasată între feţele extreme ale: stratului de rupere a capilarităţii şi suportul pardoselii, pentru ca, în cazul

unor tasări ale cladirii sau ale stratului de umplutură de sub pardoseală, să nu fie ocolită de umiditatea infiltrată prin capilaritate. Din această cauză, nivelul pardoselii interioare este mai sus decât nivelul soclului.

La clădirile cu subsol, la pereţi se aplică hidroizolaţiile orizontale, la două nivele diferite (fig.15.3).

Hidroizolaţia de la nivelul inferior se efectuează între fundaţii şi pereţii subsolului, iar cea de la nivelul superior se execută numai la fundaţii exterioare, fiind amplasat la cel puţin 30 cm peste nivelul trotuarului.

Hidroizolaţii verticale la pereţi. La clădirile fără subsol, protecţia soclului se realizează cu hidroizolaţiile elastice sau rigide prin tencuieli impermeabile (fig.14.3.I).

Aceste hidroizolaţii se execută astfel încât să depăşească nivelul celei orizontale de la perete şi să coboare sub nivelul trotuarului.

Hidroizolaţia se efectuează după realizarea finisajului faţadei.

Peretele exterior al subsolului se protejează hidrofug pe toată înălţimea, asigurându-se continuitatea cu cele două hidroizolaţii orizontale (fig.15.3).

Partea de deasupra trotuarului, hidroizolaţia la soclu, se execută din materiale elastice protejate cu mortare impermeabile.

Hidroizolaţia sub nivelul trotuarului se face cu materiale elastice, fiind protejată, împotriva deteriorărilor, de un perete din zidărie de cărămidă. Execuţia peretelui de protecţie se poate realiza înainte sau după realizarea peretelui subsolului. Alegerea uneia din variante se face funcţie de stabilitatea pereţilor săpăturii. Dacă, spre exemplu, se execută mai întâi peretele de protecţie şi după aceea peretele de rezistenţă al subsolului, realizarea hidroizolaţiei verticale are următoarele faze:

- turnarea fundaţiei;
- execuţia peretelui de protecţie al hidroizolaţiei;
- execuţia stratului-suport din mortar de ciment pe peretele de protecţie, fundaţie şi scafă de racordare între ele;
- aplicarea hidroizolaţiei verticale pe perete şi a celei orizontale pe fundaţie, în cadrul aceleiaşi operaţii;
- execuţia peretelui de rezistenţă până la centura planşeului, peste subsol;
- execuţia hidroizolaţiei orizontale superioare;
- continuarea execuţiei hidroizolaţiei verticale până la 20 cm sub nivelul finit al trotuarului;
- racordarea hidroizolaţiilor verticale executate în cele 2 etape.

Hidroizolaţia pardoselii. Pardoselile se protejează contra umidităţii pământului în funcţie de destinaţia încăperilor (14.3.I).

La încăperile a căror destinaţie este puţin influenţată de acţiunea umidităţii, sub stratul-suport al pardoselii se prevede un strat de rupere a capilarităţii. Peste acest strat, după nivelare şi compactare, se aşterne un strat de

separare din carton bitumat sau de hârtie groasă de ambalaj.

În cazul încăperilor a căror destinaţie este influenţată de acţiunea umidităţii, se impune executarea unei hidroizolaţii elastice sub pardoseală.

Hidroizolaţia orizontală se realizează din două straturi de carton asfaltat între trei straturi de bitum, aşezate pe un strat-suport din beton simplu.

Hidroizolaţia din pardoseală se racordează cu cea orizontală a peretelui.

Stratul suport al pardoselii se va arma local, de-a lungul pereţilor, pentru a preveni eventualele fisurări cauzate de tasări.

15.4. HIDROIZOLAŢII CONTRA APELOR DIN PĂMÂNT FĂRĂ PRESIUNE HIDROSTATICĂ

Infiltraţia apelor meteorice (din ploi sau din topirea zăpezilor) ori a celor industriale care, în deplasarea lor, se scurg liber pe suprafaţa elementelor de construcţie şi nu crează practic o presiune hidrostatică.

Cladirile la care se execută acest tip de hidroizolaţii sunt: posturile de transformare, casele de pompe, căminele pentru vane, tunelurile, subsolurile clădirilor.

În cazul subsolurilor care pot fi concepute cu iluminare naturală, sub nivelul apei subterane, sau cu iluminare naturală prin curte de lumină realizarea hidroizolaţilor sunt prezentate în figura 15.4 şi 15.6.I.

Aceste hidroizolaţii ale radierelor, pereţilor şi planşeelor, situate sub nivelul terenului, se execută în funcţie de natura pământului unde este amplasată construcţia (fig.15.2.II). Spre exemplu în terenuri cu permeabilitate redusă (argile) unde este posibilă formarea unor zone de apă ce stagnează, hidroizolaţia se execută din 3 straturi de pânză bitumată şi un strat de carton bitumat, între 5 straturi de masă bitumata.

Protecţia hidroizolaţiei verticale se realizează cu pereţi din zidărie, localizând efectul unor mişcări ale pământului în jurul construcţiei.

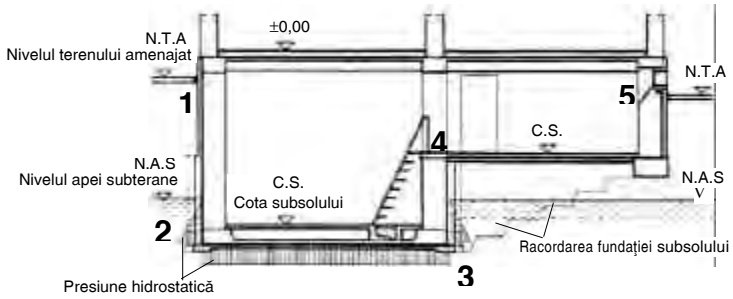
Planşeele construcţiilor subterane vor avea hidroizolaţia racordată prin suprapunere peste cea verticală a pereţilor, pe o lăţime de 30 cm. Hidroizolaţia acestor planşee se acoperă cu un strat de protecţie din beton slab armat.Stratul de pământ care acoperă aceste planşee subterane trebuie să aibă o grosime minimă, pentru a proteja hidroizolaţia de acţiunea agenţilor climatici (îngheţ).

15.5. HIDROIZOLAŢII CONTRA APELOR CU PRESIUNE HIDROSTATICĂ

Necesitatea acestui tip de hidroizolaţii apare la construcţii situate sub nivelul apelor subterane, cum ar fi: subsolurile clădirilor, bazine, rezervoare (fig.15.5).

Subpresiunea apei din teren va tinde să ridice construcţia, diminuând presiunea exercitată de construcţie pe terenul de fundaţie.

Hidroizolarea subsolului cu iluminare naturală



DETALII

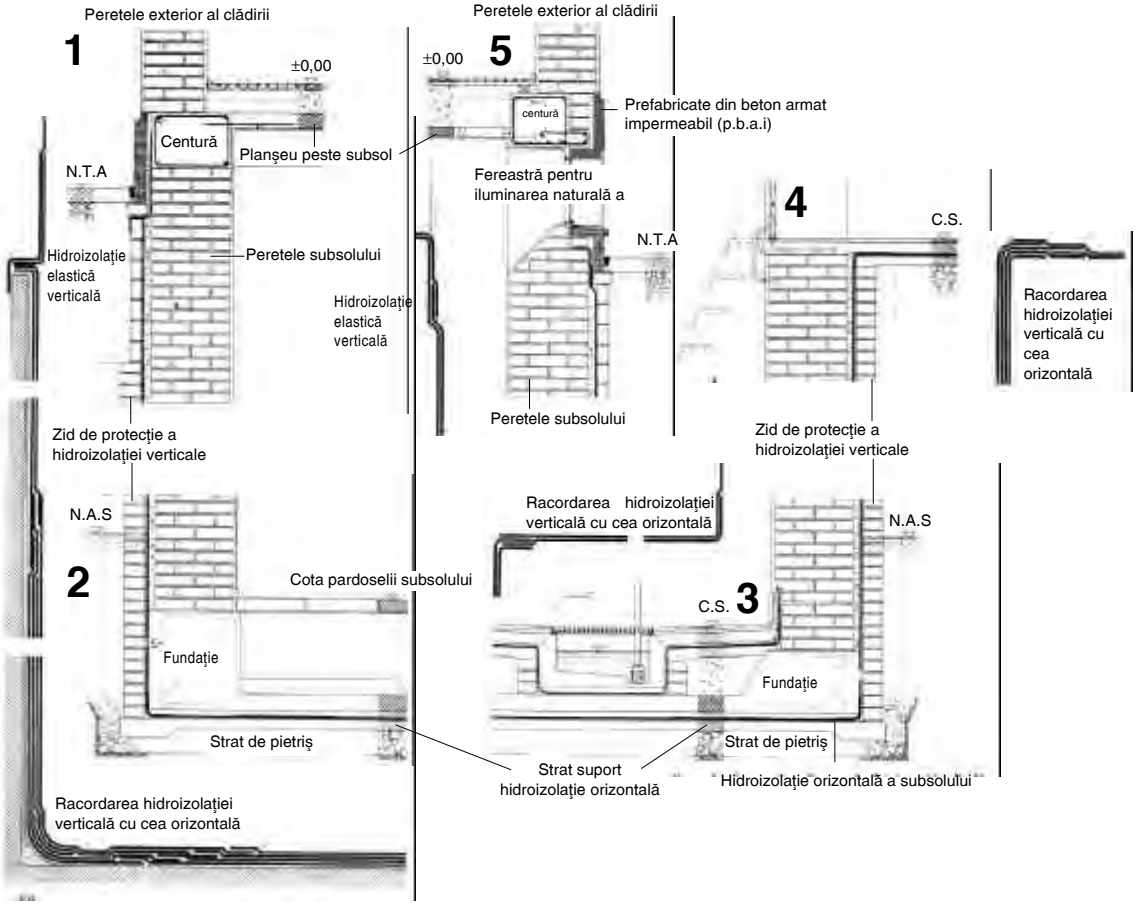
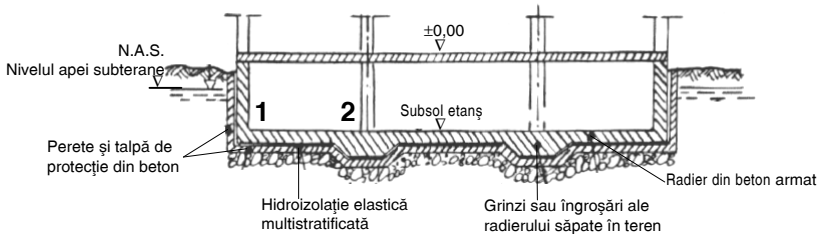
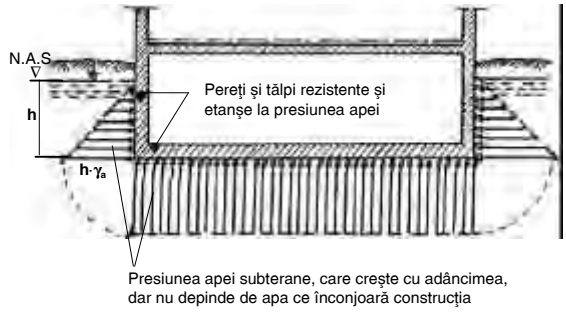


Fig. 15.4 Subsol cu iluminare naturală. Hidroizolarea pereților și pardoselii subsolului cu nivelul apei subterane ridicat. Secțiune transversală și detalii.

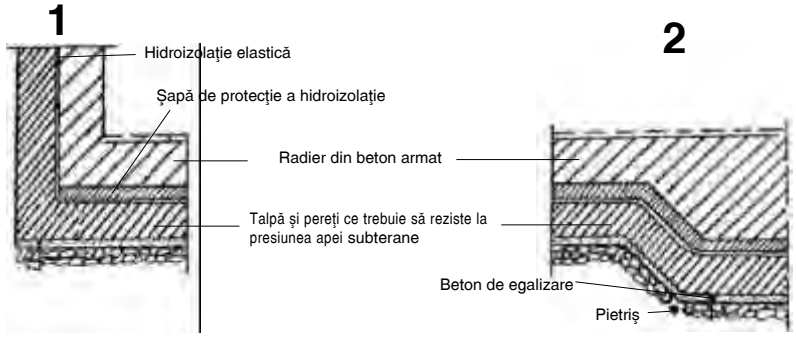
Hidroizolarea fundaţiilor contra apelor cu presiune hidrostatică



Schema de încărcare a fundaţiei cu presiunea apei subterane



Detalii



Scheme pentru amplasarea şi protejarea hidroizolaţiilor contra apei cu presiune hidrostatică

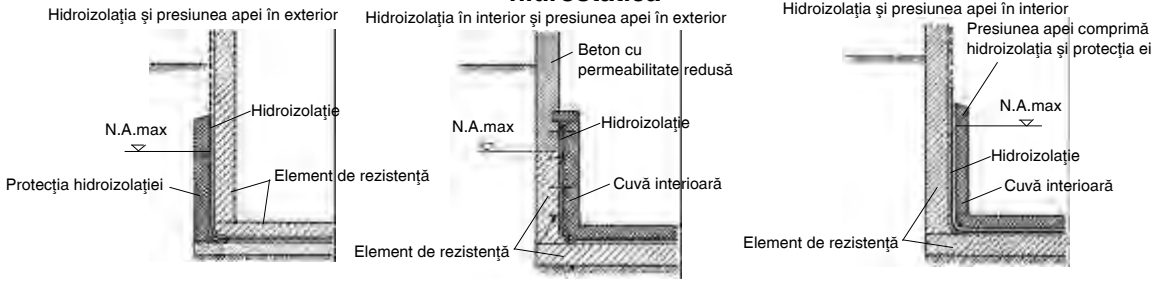


Fig. 15.5 Hidroizolarea fundaţiilor tip radier contra apelor cu presiune hidrostatică. Scheme de încărcare. Detalii. Scheme pentru amplasarea şi protejarea hidroizolatiilor

Subpresiunea apei creşte odată cu adâncimea şi nu depinde de volumul de apă ce înconjoară construcţia .

Cuva, acest sistem etanş unitar, trebuie să fie asigurat împotriva efectului mecanic al presiunii apelor. Radierul-cuvă trebuie calculat la acţiunea subpresiunii.

Numărul de straturi ale hidroizolaţiei este în funcţie de subpresiunea apei.

Acest tip de hidroizolaţii se aplică ,de obicei, pe faţa construcţiei dinspre care se exercită presiunea hidrostatică.

Funcţie de partea elementului de construcţie pe care se aplică hidroizolaţia, se disting următoarele situaţii (fig.15.5):

- hidroizolaţii aplicate la exteriorul construcţiei - în care caz presiunea hidrostatică solicită direct sistemul de rezistenţă al clădirii;
- hidroizolaţia aplicată în interiorul construcţiei, acţiunea apei exercitându-se dinspre exterior către interior în care cuva de protecţie a hidroizolaţiei trebuie executată din beton armat şi ancorată în sistemul de rezistenţă al clădirii. Eforturile sunt transmise sistemului de rezistenţă, prin încastrările cuvei;
- hidroizolaţia aplicată în interiorul construcţiei, acţiunea apei exercitându-se dinspre interior către exterior (bazine, rezervoare). Eforturile din presiunea apei sunt transmise sistemului de rezistenţă prin presarea cuvei.

Contra presiunii hidrostatice se realizează hidroizolaţii elastice combinate cu izolaţii metalice sau mortare impermeabile.

Mortarele impermeabile se vor utiliza, de exemplu, la rezervoarele de beton armat, în cazul când nu se poate asigura presarea minimă a hidroizolaţiei bitumate prin măsuri obişnuite de execuţie.

15.6. HIDROIZOLAŢII LA CLĂDIRI EXISTENTE

Problema etanşeizării subsolurilor la construcţii existente apare datorită ridicării nivelului apelor subterane (fenomen prezent mai des în ultima perioadă, influenţat de o serie de condiţii, printre care noile construcţii).

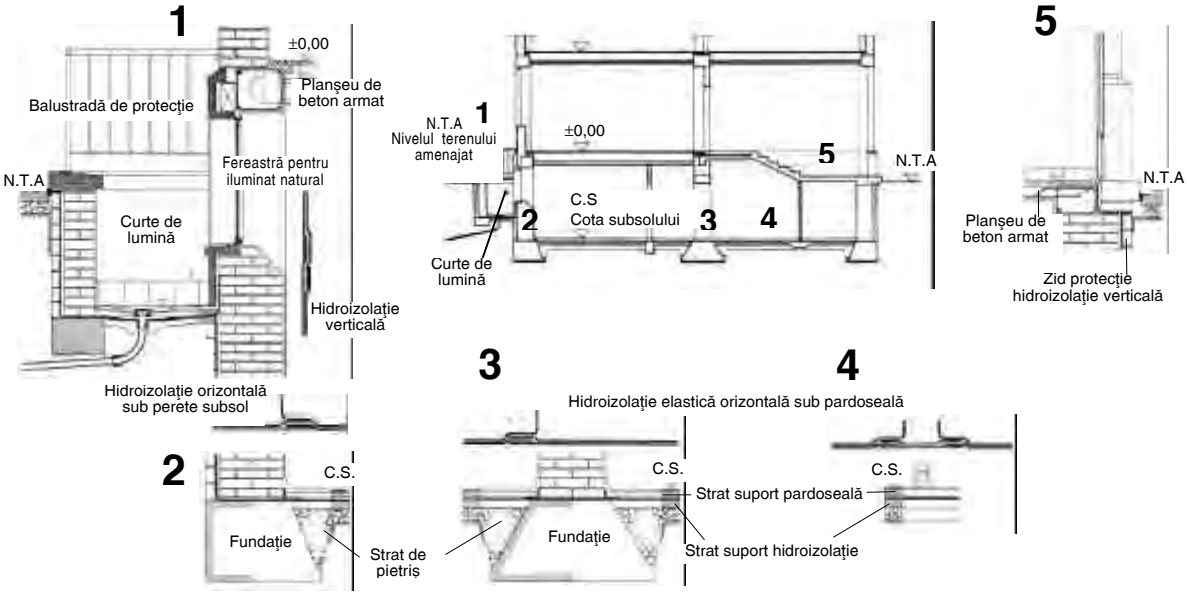
În cazul folosirii unei hidroizolaţii elastice, este necesară ancorarea ei astfel încât să reziste la acţiunea subpresiunii apei. Ancorarea se realizează printr-o suprabetonare. (apropiat de soluţia din fig. 15.5).

În acest strat de beton se pot îngloba corpuri ceramice, care determină creşterea înălţimii dalei.

La construcţiile existente, etanşarea se mai poate realiza cu ajutorul hidroizolaţiilor rigide.

Acest lucru se obţine prin aplicarea simplă, pe zidăria existentă, a unei cuve (radier şi perete) din beton armat, cu adause hidrofuge. Pentru a rezista la subpresiunea apei, cuva se va ancora, prin câteva penetrări, în zidul existent.

I. Subsol cu curte de lumină



II. Protecţia contra apei cu ajutorul drenurilor

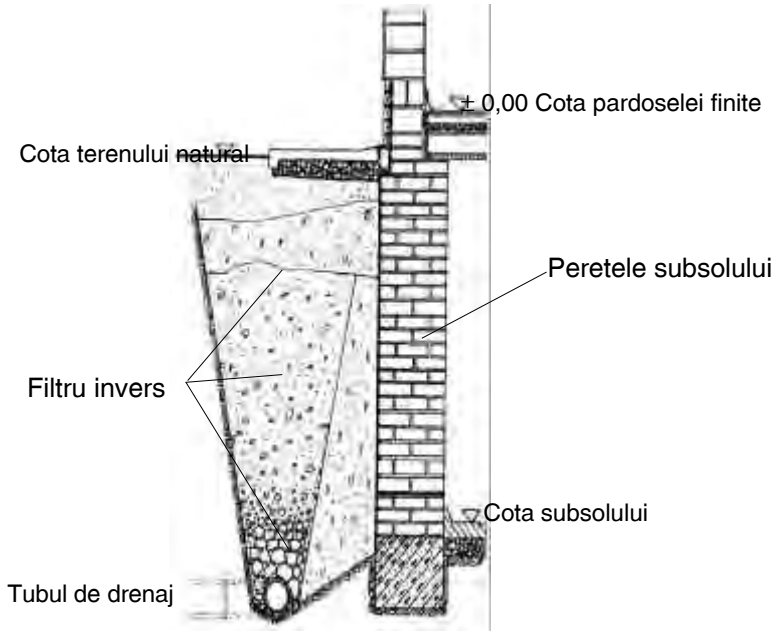


Fig. 15.6 Subsol cu iluminare naturală prin curte de lumină. Detalii de hidroizolare (I). Protecţia fundaţiilor şi subsolului contra apei din pământ cu ajutorul drenului (II.)

15.7.LUCRĂRI DE DRENAJ

Pozarea drenului în pământul de fundaţie are ca scop: evitarea riscurilor provenite din modificarea naturii terenului datorită pânzelor de apă, menţinerea unei umidităţi constante în fundaţii şi evitarea ridicării apei capilare în pereţi (fig.15.6.II).

Diametrul drenului este în funcţie de cantitatea de apă ce trebuie captată, iar panta lui trebuie să fie corespunzătoare unei scurgeri fluente (3mm/m).

Drenurile sunt alcătuite din tuburi de ceramică sau beton perforate, aşezate cap la cap.

Drenul se pozează la nivelulul tălpii fundaţiei, în terenuri cu umiditate ridicată. Dezavantajul drenului este că măreşte volumul terasamentului şi necesită cofraj pentru faţa tălpii.

După pozarea drenului, el este înconjurat şi reacoperit cu straturi de drenaj. Aceste straturi sunt constituite din: filtre inverse având straturile cu diametrele mai mici la suprafaţă iar cele cu diametrul crescând spre tubul de drenaj. Rambleul este completat cu o umplutură de pământ.

Pentru a mări eficacitatea drenului, este necesar să se aplice pe faţa exterioară a peretelui o izolaţie hidrofugă rigidă (mortar de ciment, cu adause hidrofuge).

În cazul unui teren accidentat şi saturat cu apă, folosirea drenajului poate fi eficace dacă se pozează în plan orizonatal în jurul construcţiei, iar pe verticală e amplasat sub radier.

Apele culese prin drenaj sunt evacuate printr-un canal de scurgere sau, după caz, într-un puţ pierdut.

Diametrul drenurilor utilizate este de 10-15 cm.

Drenajele, ca şi canalizările, sunt în mod egal supuse la subpresiunea apei, aşadar, ele trebuie să fie suficient încărcate pentru a nu depăşi nivelul apelor subterane.

Dacă se dovedeşte imposibilă evacuarea apelor de drenaj prin canale de scurgere (când acestea sunt pline sau nivelul e superior drenajului) ori într-un puţ pierdut, soluţia drenajului devine vătămătoare, trebuind să se renunţe la această variantă.

Capitolul

16

PEREŢI DIN ZIDĂRIE

16.1. GENERALITĂŢI

Pereţii sunt elemente verticale ale construcţiei, care au rolul de a compartimenta clădirea în interior şi de a o închide pe conturul exterior.

Pereţii pot avea şi rol de preluare a sarcinilor verticale şi orizontale ce acţionează asupra lor şi le transmit în continuare fundaţiilor.

Pereţii asigură deopotrivă izolarea termică şi acustică între încăperile interioare, cât şi între interior şi exterior.

Pereţii interiori au funcţiunea de compartimentare având ca dominantă cerinţa de izolare acustică, care în clădirile de locuit are exigenţe sporite între apartamente, spre casa scării, ascensor.

Pereţii exteriori au funcţiunea de scut termic, la gradientul de temperatură (între interior şi exterior), de protecţie la zgomotul aerian având în acelaşi timp şi un important rol de etanşare.

Clasificarea pereţilor

După rolul care îl au în clădire şi modul de transmitere a sarcinilor pereţii pot fi (fig. 16.1.I):

- pereţi portanţi care preiau şi transmit la fundaţii greutatea lor proprie, şi încărcări de la alte elemente de construcţie (planşee, acoperiş,scări) şi celelalte încărcări ce acţionează asupra clădirii;

Clădirile alcătuite cu structura de rezistenţă din ziduri portante transversale, care datorită rigidităţii mari, se recomandă în zone seismice şi cu ziduri portante longitudinale;

- pereţi autoportanţi de închidere sau compartimentare, dispuşi în general pe înălţimea unui etaj preiau numai greutatea lor proprie;

- pereţii purtaţi sunt în general pereţi exteriori, prinşi (agăţaţi) de structura de rezistenţă a clădirii (Cap. 20).

Exigenţe la pereţi

Pereţii portanţi trebuie să prezinte siguranţă la acţiunea celei mai defavorabile grupări de încărcări (de exemplu: încărcare permanentă, zăpadă, seism), asigurând evitarea prăbuşirii clădirii, a distrugerii pereţilor sau a legăturii acestora cu structura clădirii.

În vederea asigurării unei exploatări normale a clădirilor, la pereţi trebuie evitate apariţia unor deteriorări funcţionale, referitoare la etanşeitate, aspect, funcţionarea tâmplăriei, cauzate de încărcările permanente, zăpadă, variaţii de temperatură, umiditate, şi acţiunea vântului.

Se vor considera şi degradările sau avariile locale din acţiunea utilizatorilor.

Pereţii trebuie astfel concepuţi încât să asigure integritatea şi stabilitatea clădirii la incendiu pe o durată de timp ce corespunde limitei de rezistenţă la foc. Această limită este în funcţie de destinaţia clădirii.

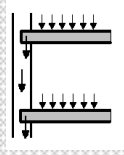
Trebuie asigurată reacţia la foc a materialelor utilizate, pentru a limita sau a elimina propagarea gazelor toxice, a fumului.

Durabilitatea elementelor componente ale pereţilor se va asigura prin utilizarea unor materiale de finisaj şi pentru

Clasificare zidărie. Blocuri de zidărie. Avantaje

I.

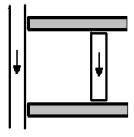
Pereţi portanţi. • preiau încărcări verticale de la planşee şi din greutate proprie şi le transmit spre fundaţii.



• preiau încărcări orizontale din vânt sau seism asigurând stabilitatea clădirii (rol de contravântuire)

• au asigurate legături de continuitate pe verticală şi orizontală.

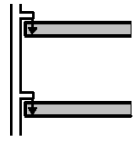
Pereţi autoportanţi • preiau numai greutate proprie, pe care o transmit prin intermediul structurii de rezistenţă la infrastructură.



• pot îndeplini funcţia de compartimentare sau închidere în clădiri.

• la structurile pe cadre pot avea şi rol de contravântuire

Pereţi purtaţi • transmit încărcarea structurii de rezistenţă (planşee, grinzi etc)



• se utilizează la interior sau exterior

II.

BLOCURI DE ZIDĂRIE

- Cu dimensiuni relativ mici
- Execuţie, manipulare materiale manuală.
- Volum mare de muncă şi de timp
- Tencuielile (umede sau uscate) se execută pe şantier
- Tehnologie simplă, nu necestă mână de lucru calificată
- Nu pune probleme de etanşare a rosturilor
- Se utilizează la orice tipuri de clădiri

Fig.16.1 Clasificarea pereţilor (I.). Avantajele blocurilor de zidărie(II.)

etanşări, rezistente la agenţi climatici (variaţii de temperatură, umiditate, îngheţ-dezgheţ, radiaţii solare, vânt), agenţi biologici sau vegetali (ce atacă lemnul prin biodegradare).

Pentru realizarea pereţilor din zidărie se utilizează cărămizi pline, blocuri ceramice, din argilă arsă, cu goluri verticale sau orizontale, beton celular autoclavizat (cenuşă, var, ciment, - întărit prin autoclavizare).

16.2. PEREŢI DIN ZIDĂRIE DE PIATRĂ

Pereţii de piatră naturală se utilizează la clădiri, care sunt situate cel mult la 7-8 km faţă de locul de extracţie.

Carierele existente oferă pietre cu caracteristici variate. E necesar ca în fiecare caz să se definească tipul de zidărie cel mai bine adaptat materialului şi să se realizeze punerea în operă a acestuia, folosind tehnica pe care o implică.

Deci este absolut necesară cunoaşterea proprietăţilor pietrei de către cei ce concep şi execută clădirea.

Efectul estetic al pereţilor din zidărie de piatră oferă interesante posibilităţi, exploatate de arhitectura actuală. Piatra este folosită atât ca element decorativ cât şi ca element portant.

Aspectul zidăriei de piatră depinde pe de o parte de alegerea pietrei, iar pe de altă parte de îndemânarea şi ochiul expert al zidarului.

Pietrele folosite pentru faţa văzută trebuie să aibă o culoare uniformă, fără eflorescenţă şi pete.

Zidăria din piatră naturală are un domeniu mai restrâns de folosire, datorită faptului că:

- randamentul este redus;
- se manevrează greutăţi mari;
- necesită grosimi mari, care să suplinească slaba calitate de izolator termic a pietrei.

Particularităţi. Blocurile de piatră, care se folosesc la pereţi, trebuie să fie: negelive, cu greutatea sub 40 kg, pentru a permite manipularea de către un singur om.

Pietrele vor fi brute, de formă neregulată sau tăiate după aspectul cerut. Piatra brută se prezintă sub diferite forme, care depind de natura pietrei exploatate (de râu, de carieră): blocuri rotunjite sau unghiulare.

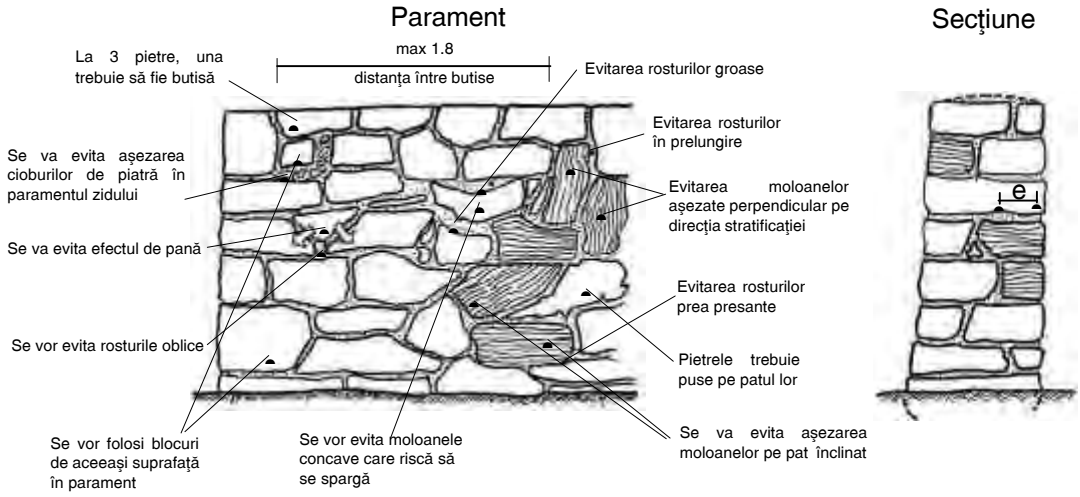
Reguli constructive. La aşezarea pietrelor în cadru zidăriei, este necesar să se respecte următoarele reguli (fig.16. 2):

- stratificaţia, din carieră, a pietrelor trebuie să fie paralelă cu rosturile orizontale ale zidăriei;
- ţeserea pietrelor trebuie să se realizeze atât în parament, cât şi în grosime;
- pe nici una dintre feţele zidăriei să nu se întâlnească, într-un punct, mai mult de trei rosturi;
- la cel mult două pietre cu coadă scurtă urmează o piatră cu coadă lungă.

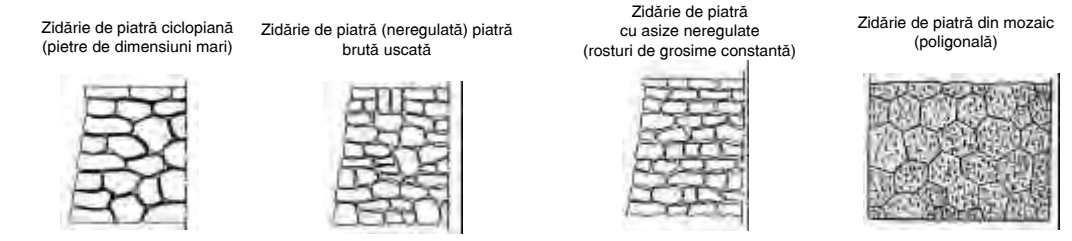
(butisă), iar la două pietre cu coada lungă - un curmeziş;

Pereţi din zidărie de piatră naturală.

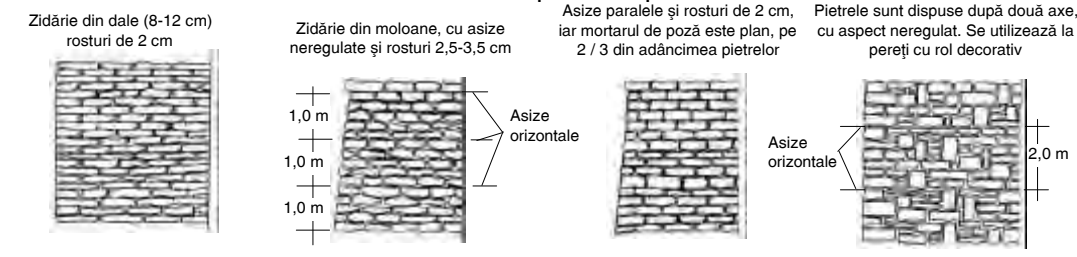
Evidenţierea greşelilor ce trebuie evitate în alcătuirea zidăriei de piatră



Tipuri de zidărie de piatră



Zidărie de piatră cioplită



Zidărie de piatră de talie

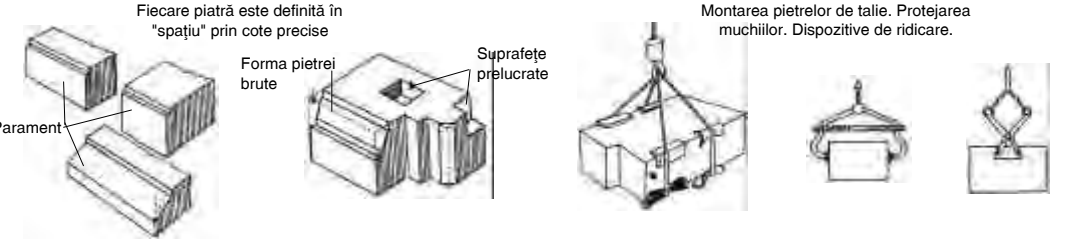


Fig.16. 2 Zidărie de piatră

- pietrele, în cadrul zidăriei cu mortar, vor rezema numai prin intermediul mortarului; golurile rămase între pietre se completează cu spărturi de piatră înglobate în mortar;
- se va evita aşezarea cioburilor de piatră în paramentul zidului;
- o piatră din cadrul zidăriei uscate trebuie să reazeme pe două sau mai multe pietre, realizând suprafeţe de contact cât mai mari;
- se vor evita rosturile prea presate şi cele în prelungire;
- la colţuri şi la capete de ziduri, se întrebuinţează pietre mai mari şi mai regulate, dispuse, eventual, pe înălţimea a două rânduri;
- în permanent se vor folosi, în general, blocuri de piatră de aceeaşi suprafaţă;
- se vor evita pietrele concave, care riscă să se spargă.

Zidărie din piatră brută, cu mortar. Piatra de zidărie, înainte de a fi pusă în operă, este curăţată de pământ şi udată, pentru a nu absorbi apa din mortar (fig. 16.2).

Înaintea turnării mortarului, pietrele se pozează mai întâi pe uscat pentru a se stabili cea mai bună poziţie de legătură cu rândul inferior şi o ţesere a rosturilor verticale pe cel puţin 10 cm.

Grosimea rosturilor, variabilă la această zidărie, iar spaţiile foarte largi trebuie să fie umplute cu spărturi de piatră.

Atunci când rosturile rămân aparente, ele trebuie să fi realizate de o asemenea manieră, încât să ofere o rezistenţă minimă la scurgerea apei spre partea inferioară a paramentului.

Pentru o legătură bună a zidului de piatră şi o uniformizare a transmiterii sarcinilor, la fiecare 2 m înălţime, se introduce un rând sau două de pietre regulate, cu rosturi orizontale.

Zidăria din piatră cioplită. Această zidărie se utilizează la fundaţii, pereţi, stâlpi, ziduri de sprijin (fig. 16.2).

Piatra de carieră care se foloseşte va fi cioplită cu muchii vii, cât mai regulate, iar feţele laterale sunt cioplite la echer, pe o adâncime de 5 cm.

Blocurile de piatră se aşează alternativ, cu coadă lungă şi cu coadă scurtă, pentru a se realiza o legătură bună a paramentului cu restul zidăriei.

Zidăria din moloane se utilizează la construcţiile unde se urmăreşte un efect estetic în parament.

Moloanele au paramentul în formă dreptunghiulară, iar feţele laterale sunt lucrate la echer, pe o adâncime de 5 cm.

La zidăria de piatră mozaic, pietrele au faţa văzută în formă poligonală. Unghiul ieşind al pietrei superioare se adaptează exact la unghiul întrând format de pietrele din rândul inferior (pe care reazemă).

Zidăria din piatră de talie. Pentru executarea acestei zidării, fiecare piatră este prelucrată conform unui plan trasat

de proiectant sau executant. Deci piatra de talie este trasată, desenată şi aşezată după indicaţii precise. Conturul fiecărei pietre se supune legilor stereotomiei, ştiinţă derivată a geometriei descriptive (fig. 16.2).

Planurile trebuie să cuprindă: conturul pietrelor din parament, fasonajul feţelor şi al muchiilor, profunzimea lor în zid şi golul până la care trebuie montate.

Acest tip de zidărie, susceptibil a suporta importante eforturi de compresiune, se foloseşte în prezent destul de rar, la construcţii monumentale sau lucrări de artă.

Prelucrarea pietrei de formă regulată (de obicei paralepipedică), la dimensiunile proiectate, se face la carieră - pentru pietrele dure şi pe şantier pentru restul, în vederea evitării riscului deteriorării muchiilor.

La montajul cu mijloace mecanice şi în special, la ancorarea pietrelor, trebuie luate măsuri speciale, pentru protecţia muchiilor vii şi a feţelor vizibile împotriva posibilelor deteriorări.

Zidăria din piatră de talie se realizează în rânduri regulate, cu mortar de ciment.

Pentru a constitui o zidărie rezistentă, pietrele se montează astfel încât să comprime rostul de mortar. Acest procedeu oferă avantajul unei rezistenţe maxime, dar realizarea unor aliniamente riguroase este dificilă.

Se obţine o pozare mai precisă a aliniamentelor şi a nivelelor, prin montarea prealabilă a pietrelor fără motar, pe pane de lemn. Umplerea ulterioară a rostului cu mortar este dificilă, dar importantă, deoarece gradul de umplere influenţează asupra rezistenţei la compresiune a zidului.

La ziduri supuse la sarcini foarte mari sau acţiuni dinamice (lucrări hidrotehnice), se pot folosi legături metalice, pentru preluarea eforturilor de întindere. Metalul din care se execută aceste pietre este oţelul pentru roci vulcanice şi calcaroase, iar bronzul, alama şi oţelul galvanizat pentru marmură. Piesele metalice se fixează cu mortar de ciment, în lăcaşe special executate în blocurile de piatră.

16.3. PEREŢI DIN ZIDĂRIE DE CĂRĂMIDĂ

Fabricarea cărămizilor. Argila extrasă din carieră este depozitată în aer, pentru realizarea macerării fărămiţarea particulelor argilei după care se omogenizează. Din argila macerată, amestecată cu nisip şi alte materiale, care îmbunătăţesc caracteristicile argilei, împreună cu apa necesară, se obţine un amestec. Din acest amestec, introdus în dozatoare automate, iar apoi în instalaţii de malaxare, va rezulta o pastă argiloasă. Fasonarea cărămizilor se realizează din pasta argiloasă comprimată de un mecanism elicoidal şi trecută printr-o filieră având forma cărămizilor. Blocul

continuu din pastă este tăiat automat, la dimensiunile cărămizii. Cărămizile astfel fasonate sunt aşezate la uscare (în uscătorii speciale). După deshidratare, argila astfel preparată este arsă în cuptor, la o temperatură de cca 900-1000°C.

Eliminarea totală a apei prin acest tratament cauzează o ultimă contracţie, (prima contracţie are loc în timpul depozitării argilei în aer liber, când e eliminată o primă parte a apei conţinute).

Caracteristicile cărămizilor. Marca produselor ceramice se stabileşte pe baza rezistenţei medii de rupere la compresiune, determinată pe secţiunea brută a cărămizii, fără scăderea golurilor (fig. 16.1.II).

În cazul cărămizilor cu structură neomogenă după cele două direcţii, marca se determină funcţie de direcţia de încărcare din clădire. De exemplu, la cărămizile cu goluri verticale, încărcarea la rupere se realizează paralel cu golurile.

Criterile de apreciere a durabilităţii materialelor ceramice sunt:

- gradul de gelivitate;
- comportare la umiditate;
- rezistenţa la foc (temperaturi înalte);
- rezistenţa la agenţi chimici agresivi.

Rezistenţa la ciclurile de îngheţ-dezgheţ la care sunt supuse cărămizile, variind în acelaşi timp şi intensitatea umezirii, care este mai mare la cele cu porozitate mai mică.

Gradul de gelivitate depinde de: poziţia elementului de construcţie care este supus acţiunii directe a apelor meteorice dar şi de amplasamentul geografic al clădirii.

Comportarea la umiditate este reliefată de raportul între rezistenţa cărămizii saturate de apă şi rezistenţa la umiditatea naturală.

Absorţia de apă a cărămizilor este aproximativ egală cu porozitatea aparentă.

Rezistenţa de rupere la compresiune şi durabilitatea vor scădea la cărămizile cu absorţie mare de apă.

Altă calitate a produselor ceramice este rezistenţa la temperaturi înalte şi la agenţi chimici agresivi.

Greutăţile cărămizilor sunt stabilite din condiţia obţinerii unei productivităţi maxime în realizarea zidăriei.

Cărămizile au greutate până la 6,5 Kg şi sunt puse în operă cu o singură mână, iar cele cu greutatea până la 25 kg, blocuri ceramice, sunt puse în operă cu ajutorul a două mâini (doi zidari pot pune în operă corpuri având o greutate maximă de 50 kg).

Micşorându-se densitatea aparentă medie în stare uscată, va scădea atât rezistenţa de rupere la compresiune, cât şi gradul de gelivitate. În schimb, eficienţa termică creşte odată cu

scăderea densităţii cărămizilor sau blocurilor ceramice.

Scăderea densităţii, care conduce la o mărire a eficienţei termice, se obţine prin realizarea în blocurile ceramice de găuri verticale sau orizontale.

Cărămizile trebuie să aibă o structură uniformă, cu granulaţie fină şi cu spărtură poroasă.

Cărămizile bine arse, lovite cu ciocanul, dau un sunet clar, aproape metalic.

Calitatea cărămizilor este conferită şi de regularitatea formei, lipsa de deformaţii, ştirbituri sau crăpături.

Tipuri de cărămizi. Cărămizile cu găuri verticale au golurile dispuse perpendicular pe faţa de aşezare a cărămizii. Aceste cărămizi sunt eficiente din punct de vedere termic, folosindu-se la pereţi exteriori şi în special deasupra terenului. Datorită acestui fapt, zidăria din cărămidă plină cu grosimea 37,5 cm se poate înlocui cu zidărie cu grosime nominală de 30 cm, din cărămizi cu găuri verticale având caracteristici termice corespunzătoare. În acest fel se pot realiza economii la materiale de 15 %. La aceasta se adaugă o importantă reducere a greutăţii clădirilor, ca şi micşorarea cheltuielilor pentru transport, manipulare şi forţă de muncă.

Cărămizile cu găuri orizontale au golurile dispuse perpendicular pe latul cărămizii.

Cărămizile găurite cu lambă şi uluc sunt prevăzute cu găuri longitudinale şi se folosesc la executarea pereţilor interiori neportanţi.

Blocuri ceramice cu goluri verticale se folosesc la pereţi exteriori uşori, pereţi de umplutură şi despărţitori. Înălţimea blocurilor pentru zidărie este un multiplu al cărămizii obişnuite.

Mortarul de legătură, care umple rosturile zidăriilor de cărămidă este destinat, în primul rând, asigurării repartiţiei uniforme a eforturilor pe asize.

Materialele ceramice, folosite la zidării, nefiind riguros plane pot conduce la repartiţii inegale de eforturi.

Mortarul asigură în mod egal legătura cărămizilor, asigurând astfel o monolitizare, care se opune deformaţiilor.

Mortarul va îmbunătăţi rezistenţa la flambaj, la forfecare şi la acţiuni dinamice, a zidăriei de cărămidă.

Micşorarea permeabilităţii pereţilor din zidărie la ploaie şi vânt se realizează prin umplerea cât mai perfectă, cu mortar, a rosturilor între cărămizi.

Caracteristicile de izolare termică ale mortarului trebuie să fie egale cu ale cărămizilor.

Consistenţa şi dozajul mortarului trebuie să permită punerea optimă în operă, iar pe de altă parte - să ofere o contracţie minimă.

Nisipul, care intră în compoziţia mortarelor, trebuie să fie curat, spălat, fără mâl şi impurităţi organice. Compoziţia granulometrică a nisipului, indicată de curbele granulometrice clasice, oferă rezultate bune.

Lianţii utilizaţi la prepararea mortarelor sunt de natură minerală, aerieni sau hidraulici.

Lianţii aerieni (care se întăresc numai în aer) utilizaţi sunt: varul şi ipsosul.

Lianţii hidraulici utilizaţi sunt cimentul şi varul hidraulic. Aceştia se pot întări atât în aer, cât şi în apă. Marca cimentului folosit curent este de 2 ... 5 ori mai mare decât marca mortarului de ciment. Cimentul artificial (Portland, metalurgic, cu tras) oferă o foarte bună rezistenţă la compresiune şi excelente calităţi hidraulice. În schimb cu dozajul ce limitează contracţia se obţine un mortar vârtos, puţin lucrabil. Apare necesară folosirea amestecului lianţilor ciment-var (ultimul ca plastifiant mineral), ce conduce la obţinerea unui mortar cu lucrabilitate bună.

Mortarele curent folosite sunt cele amestecate pe bază de: var cu adaus de ciment sau de ciment cu adaos de plastifiant mineral (var).

Mortarele cu dozaj mărit de liant au tendinţa de a fisura ca urmare a contracţiei acestuia, iar cele cu dozaj redus de liant au o coeziune redusă, se dezagregă şi sunt dificil de prelucrat.

Acceleratorii de priză sunt adaosuri care se folosesc pe timp friguros, pentru a evita îngheţarea mortarului înainte de a face priza.

Întârzietorii de priză se adaugă la mortarele de ipsos, pentru a mări timpul de punere în operă.

Apa din compoziţia mortarului trebuie să fie curată, fără impurităţi sau alte produse nocive pentru efectele lianţilor. Apa de mare, apa distilată şi cea conţinând substanţe chimice sau organice sunt excluse în cazul preparării mortarelor. Cantitatea de apă adăugată amestecului liant-nisip depinde de umiditatea naturală conţinută în nisip. Rezistenţa maximă a mortarului se obţine printr-o cantitate de apă redusă.

Ţeserea zidăriei. Modul de realizare a legăturii prin ţesere a cărămizlor cu ajutorul mortarului influenţează comportarea pereţilor din zidăria de cărămidă la acţiunea sarcinilor exterioare.

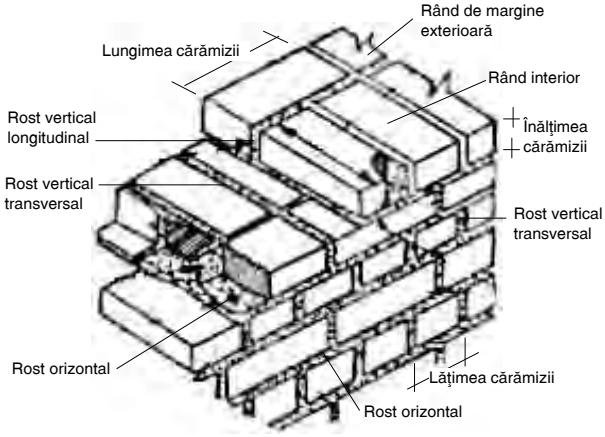
Zidăria de cărămidă se foloseşte, la alcătuirea pereţilor portanţi care sunt încărcaţi cu sarcini verticale (permanente, utile, zăpadă) şi orizontale (vânt sau seism).

Rosturile zidăriei de cărămidă, din necesitatea unei rezistenţe mărite, trebuie să fie cât mai mici posibile.

Rostul vertical transversal (amplasat în grosimea peretelui) trebuie să fie perpendicular pe paramentul zidului. Acest lucru este necesar pentru a se

Zidărie de cărămidă

Elemente componente



Modalităţi de execuţie a rosturilor verticale

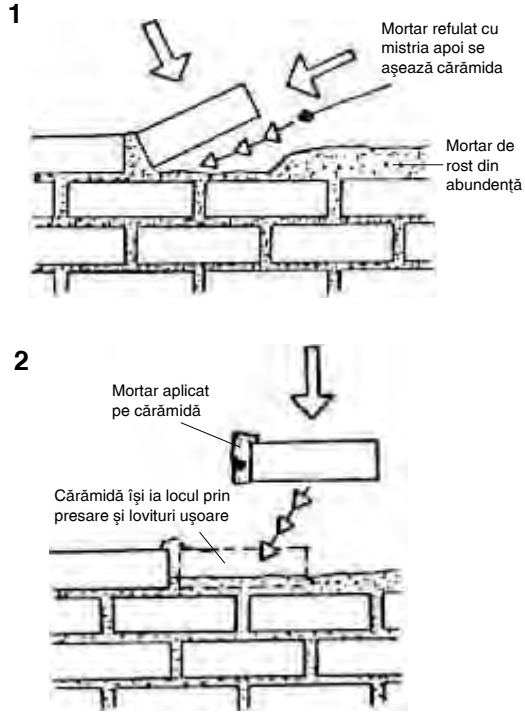


Fig.16.3. Pereţi din zidărie de cărămidă. Rosturi. Modalităţi de execuție a rosturilor verticale

evita dislocarea cărămizilor sub efectul de pană, produs de deformaţiile transversale mari ale pereţilor supuşi la flambaj. Rosturile verticale sunt executate atât prin refularea mortarului de asiză (aşezat cu mistria), pe latul cărămizii, cât şi prin aşezarea cărămizii şi a mortarului de rost împreună.

Trebuie să se evite umplerea rosturilor prin partea de sus (fig. 16.3).Pentru a împiedica formarea unor stâlpişori izolaţi în zidărie, este necesar ca unui rost vertical dintr-un rând să-i corespundă un plin în rândul următor - ţesere (Cap. 17).

Aceşti stâlpişori, care apar datorită rosturilor verticale în prelungire, independenţi, se deformează transversal sau pot fi distruşi prin flambaj. Influenţa unei defectuoase legături a zidăriei asupra rezistenţei sale iese în evidenţă la solicitări de compresiune excentrică (la o distribuţie neuniformă a eforturilor în secţiune).

Zidărie cu cărămizi găurite. Pereţii din zidărie de cărămidă, funcţie de cărămizile utilizate, pot fi: cu goluri verticale, orizontale şi cu lambă şi uluc (fig. 16.4).

Avantajele zidăriei de cărămidă găurită, comparativ cu cele ale cărămizii pline sunt: reducerea greutăţii, micşorarea dimensiunilor elementelor de construcţie, economii de materiale, creşterea ritmului de execuţie, micşorarea consumului de manoperă,

proprietăţi superioare de izolare termică, creşterea ariei utile a clădirilor.

La alcătuirea acestor zidării trebuie să se ţină seama, în mod obligatoriu, de poziţia găurilor în zidărie. Cărămizile nu se vor aşeza cu golurile la feţele zidăriei şi acestea nu se vor umple cu mortar. Măsurile au ca scop păstrarea nealterată a caracteristicilor termoizolatoare ale cărămizilor găurite, prin faptul că aerul ar circula prin găurile cărămizilor, de la o faţă la alta a zidăriei. Această aşezare a cărămizilor face să se evite pătarea faţadelor în dreptul golurilor.

Zidărie cu goluri. În cazul zidăriei cu goluri, prin modul de aşezare a cărămizilor se obţin spaţii, în grosime şi pe înălţimea zidăriei, care pot fi lăsate goale sau umplute cu materiale uşoare de umplutură. Golurile măresc capacitatea de izolare termică şi fonică a pereţilor.

Golurile de aer (în spaţiile neumplute) se fracţionează prin diafragme, pentru a se evita fenomenul de convecţie a căldurii, sporind astfel izolarea termică. Materialele cu care se pot umple golurile (legate sau nu cu liant) sunt: zgură, argilă expadantă, beton uşor.

Alte avantaje ale acestui tip de zidărie sunt: reducerea greutăţii proprii a pereţilor (cu 20 %) şi economie de material (cărămidă, mortar).

În schimb, executarea acestor zidării necesită un consum de forţă de muncă cu calificare superioară.

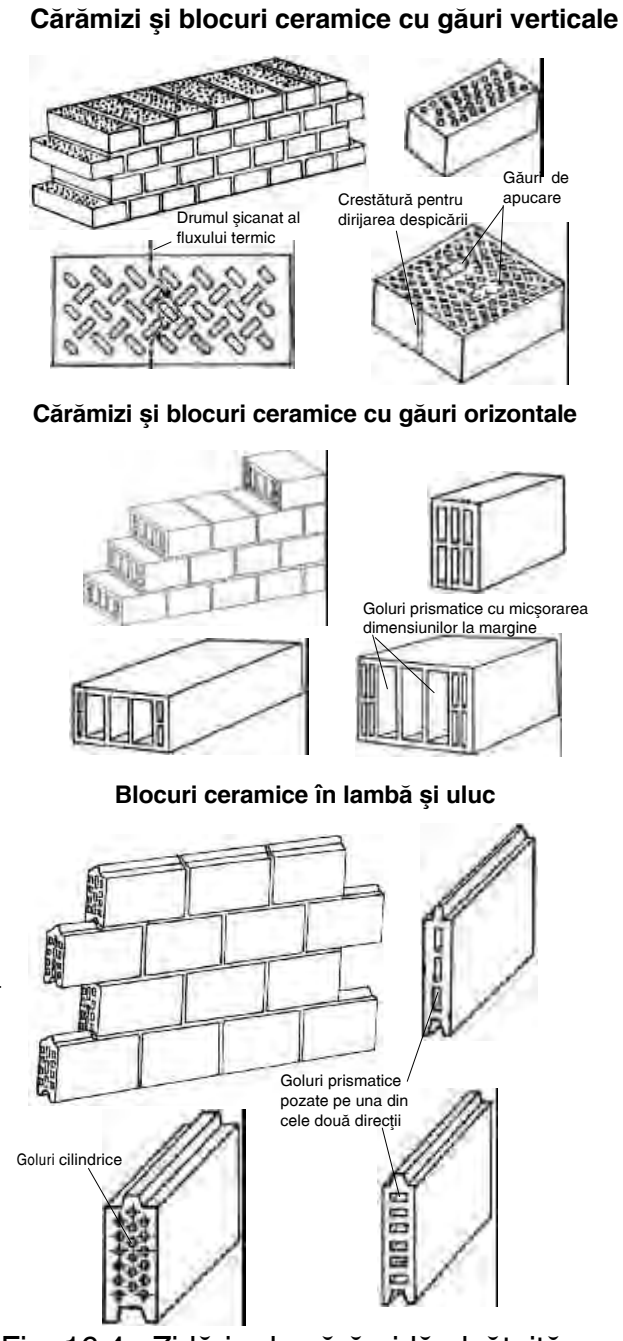


Fig. 16.4. Zidărie de cărămidă alcătuită din cărămizi şi blocuri ceramice cu goluri orizontale şi verticale

Acest tip de zidărie se utilizează la pereţii de umplutură a construcţiilor cu structură din beton armat şi cu pereţi portanţi la clădirile cu parter sau parter şi etaj.

Capacitatea de izolare termică şi rezistenţa pereţilor din zidărie de cărămidă cu goluri se poate mări prin intercalarea unor diafragme, din mortar de ciment armat cu plasă din sârmă, care reazemă în rosturile orizontale ale pereţilor exteriori.

Colţurile, ramificaţiile şi intersecţiile se realizează la acest tip de zidărie cu goluri, din zidărie plină de grosimea respectivă.

16.4. PEREŢI DIN ZIDĂRIE ARMATĂ

Zidăria armată este executată din cărămidă plină, având în rosturi o armătură de oţel-beton (fig. 16. 5).

Conlucrarea zidăriei cu armătura va conduce la mărirea capacităţii portante a pereţilor şi stâlpilor din zidărie armată, la mărirea stabilităţii clădirilor în zone seismice şi la sporirea rezistenţei la solicitări dinamice. Funcţie de dispunerea armăturilor, zidăria armată poate fi (fig. 16.5):

- zidărie cu armare transversală;
- zidărie cu armare longitudinală.

Zidărie cu armare transversală. Armătura, la aceste zidării, este dispusă în rosturile orizontale.

La pereţi, armătura transversală se execută sub formă de: grătare din sârmă (sau benzi de la ştanţare), bare transversale din oţel-beton, legate sau sudate cu alte bare în lung şi bare îndoite în formă de pieptene, legate sau sudate cu bare în lung.

Distanţa între două reţele succesive de armătură se pozează la maximum 5 rânduri de cărămizi (fig. 16.5).

Prin armarea transversală se micşorează deformaţiile transversale ale mortarului şi se măreşte rezistenţa la întindere din încovoiere a cărămizilor, deci armătura aşezată în rosturile orizontale va mări rezistenţa de rupere la compresiune excentrică a zidăriei.

Zidărie cu armare longitudinală. Armătura longitudinală măreşte capacitatea portantă şi stabilitatea zidurilor de cărămidă (fig. 16.5).

Acest tip de zidărie se va folosi: atunci când sarcina se aplică excentric (cu excentricitate mare), când elementele de construcţie sunt supuse vibraţiilor sau când clădirile sunt amplasate în zone seismice.

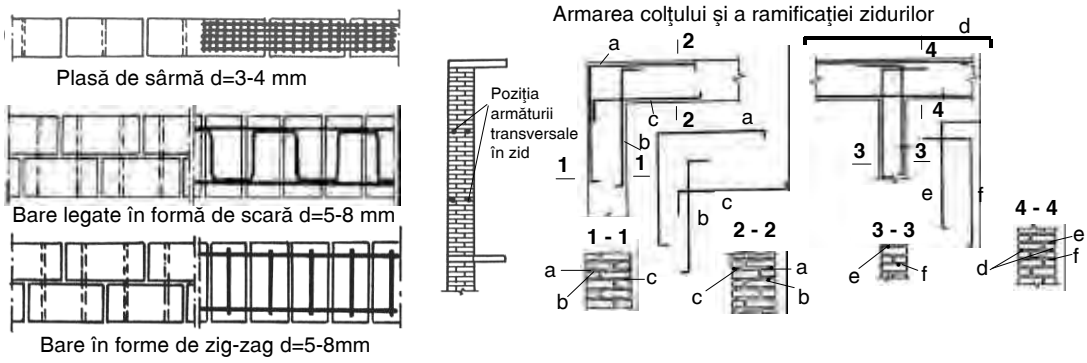
Armătura longitudinală este capabilă să preia eforturi de compresiune şi de întindere din elementele de zidăriei supuse la încovoiere şi întindere.

Barele verticale sunt legate cu etrieri pozaţi în rosturi orizontale.

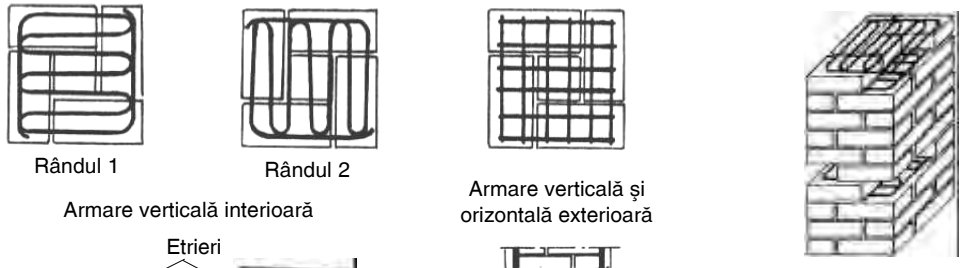
Armarea longitudinală se poate realiza interior sau exterior faţă de zidărie.

Armătura longitudinală este pozată la partea exterioară a peretelui de zidărie,

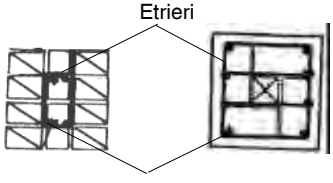
Zidărie de cărămidă armată
Perete de zidărie armat orizontal



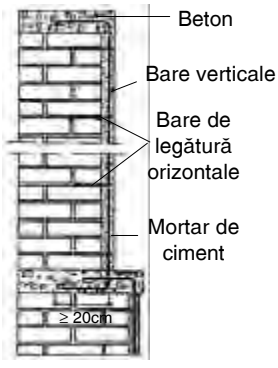
Armarea stâlpilor din zidărie cu armătură sub formă de grătar



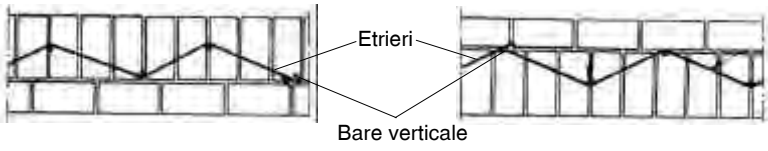
Armare verticală interioară



Zidărie cu armătură longitudinală la exterior

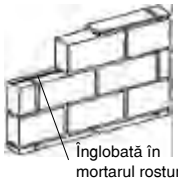


Armare verticală a unui perete din zidărie de cărămidă

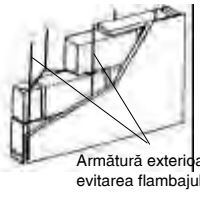


Armarea pereţilor neportanţi din zidărie

Armare orizontală



Armare verticală



Armarea intersecţiilor şi a colţurilor

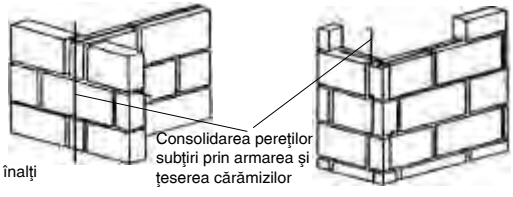


Fig. 16.5 Zidărie de cărămidă armată. Armătură transversală şi longitudinală. Armare interioară şi exterioară. Armare pereţi portanţi şi neportanţi. Armare stâlpi.

fiind protejată de un strat de mortar. Grosimea acestui strat de mortar variază între 2...3 cm, funcţie de mediul uscat sau umed în care se află elementul de construcţie.

Barele verticale întinse se încastrează în centurile de beton armat. Barele verticale sunt legate între ele cu etrieri. Barele orizontale se ancorează în rosturile zidăriei. Se recomandă ca barele verticale şi orizontale să se pozeze în şanţuri special prevăzute în zidărie.

Armarea longitudinală interioară se utilizează atunci când apare necesară protecţia armăturii contra temperaturilor mari (coşuri de fum) sau a mediului agresiv.

Dezavantajul acestei armări este execuţia dificilă şi incompleta folosire a acesteia. Barele verticale de oţel-beton se pozează în rosturi mai mari cu 5 mm decât diametrul barei. Etrierii aşezaţi în rosturile orizontale vor lega barele verticale.

16.5. PEREŢI DIN ZIDĂRIE MIXTĂ

Zidăria mixtă e rezultată din combinarea a două sau mai multe materiale de construcţie, în scopul obţinerii unor caracteristici superioare, ca: rezistenţă mecanică, izolare termică, aspect estetic.

Zidăria mixtă, în funcţie de materialele ce intră în alcătuirea ei poate fi (fig. 16.6):

- zidărie mixtă din piatră şi beton;
- zidărie mixtă din cărămidă şi beton;
- zidărie mixtă din cărămidă şi piatră;
- zidărie mixtă din cărămidă, piatră şi beton.

Zidărie mixtă din piatră şi beton. Cele două materiale componente sunt dispuse la feţele zidăriei. Piatra utilizată poate fi brută, cioplită sau lucrată. Blocurile de piatră se pozează alternativ, în lungimea şi în lăţimea zidăriei, pentru crearea unei legături mai strânse cu betonul.

Betonul plastic se toarnă în straturi succesive de 40 cm.

În zonele cu piatră locală de construcţii, datorită simplităţii de execuţie se utilizează frecvent acest tip de zidărie la subsolurile clădirilor.

Zidărie mixtă din cărămidă şi beton. Zidăria folosită este de 1/2 din cărămidă.

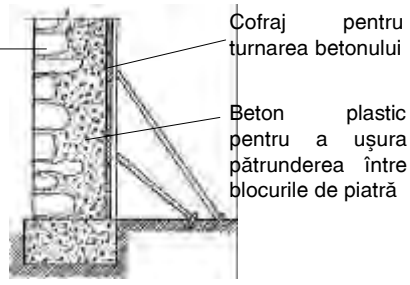
Legătura între cele două materiale se realizează prin cărămizi aşezate transversal, la fiecare al 4-lea rând, la distanţă de 1,0 m una faţă de alta, pe orizontală.

Betonul se toarnă în straturi succesive. Zidăria de cărămidă îndeplineşte rolul de cofraj pe latura respectivă.

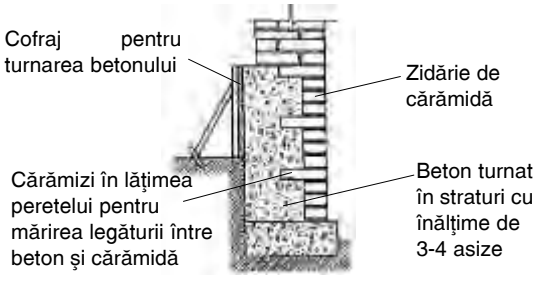
Folosirea acestui tip de zidărie mixtă la subsoluri va dirija pozarea zidului de cărămidă la interior, din considerente de izolare termică.

Pereţi din zidărie mixtă

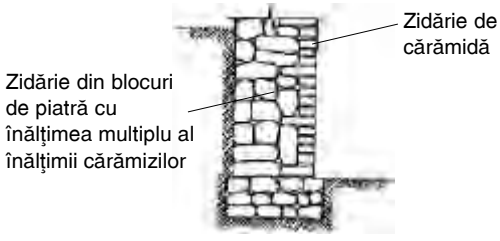
Zidărie din piatră şi beton



Zidărie din cărămidă şi beton



Zidărie din cărămidă şi piatră



Zidărie din cărămidă, piatră şi beton

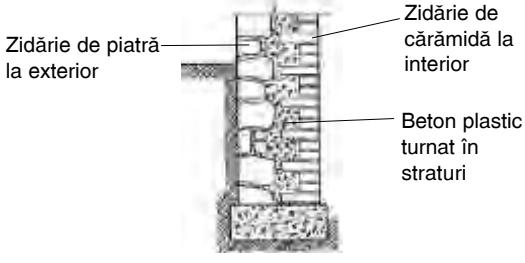


Fig. 16.6. Pereţi de zidărie mixtă din două sau trei materiale

Zidărie mixtă din cărămidă şi piatră. Blocurile de piatră uitlizate la această zidărie au înălţimi egale cu multiplii înălţimii cărămizii, ceea ce favorizează o bună legătură a celor două materiale componente. În cazul utilizării pietrei brute, la fiecare 1,0 m înălţime se prevăd câte 2 rânduri de cărămidă, pe întreaga grosime a zidăriei mixte. În alcătuirea acestei zidării, se vor evita rosturile verticale în prelungire.

Zidăria mixtă de acest tip este folosită îndeosebi la socluri de clădiri, pereţi de subsol, unde căptuşirea interioară cu cărămidă are menirea de a asigura un confort termic superior şi posibilităţi avantajoase de finisare

Zidărie mixtă din cărămidă, piatră şi beton. Feţele zidăriei sunt căptuşite cu cărămidă - spre interior şi piatră - spre exterior.

Betonul care realizează legătura între cele două ziduri cu rol de cofraj se toarnă în straturi succesive de 40 cm. Utilizarea acestei zidării mixte se practică în regiunile cu piatră locală.

16. 6. IZOLAREA TERMICĂ A PEREŢILOR DE ZIDĂRIE

Structura cărămizilor va influenţa conductivitatea termică a pereţilor. Forma, dimensiunile, numărul şi poziţia găurilor pot influenţa sau nu proprietatea de izolare termică a corpurilor ceramice.

Pentru a fi eficiente din punct de vedere termic, găurile trebuie să fie cât mai înguste, sub formă de fante şi aşezate perpendicular pe fluxul termic.

În cazul golurilor mari, rezistenţa termică nu se măreşte, ci se obţine numai o micşorare a densităţii aparente.

Dispunerea şicanată a golurilor va mări drumul parcurs de fluxul termic prin partea solidă, evitând formarea punţilor termice.

Conductivitatea termică a cărămizilor este strâns legată de umiditatea lor, pentru că aerul din porii deschişi este înlocuit cu apa, care are o conductivitate termică de 50 ori mai mare.

Izolarea termică se obţine cu materiale poroase şi cu densitatea aparentă redusă. Ca materiale pentru zidării se vor utiliza cărămizile găurite.

Zidăria de cărămidă cu care se obţin pereţi omogeni are o rezistenţă uniformă la permeabilitatea termică şi la vapori. Condesările de vapori din masa zidăriei de cărămidă sunt absorbite şi transportate, prin capilaritate, spre feţele exterioare, unde se elimină prin evaporare (respiraţia zidăriei).

Dacă pereţii omogeni din zidărie de cărămidă sunt dimensionaţi din punct de vedere termic având o rezistenţă insuficientă în vederea realizării unei economii de combustibil pentru încălzire în timpul exploatării, este necesar aplicarea unui strat termoizolator suplimentar.

Stratul termoizolator suplimentar se pozează la exteriorul peretelui anvelopei. Grosimea acestui strat determină rezistenţa termică şi influenţează substanţial economia de combustibil pentru încălzirea clădirii în timpul exploatării.

Din anumite considerente acest strat suplimentar se poate aplica la faţa interioară a peretelui. În acest caz, va fi favorizată apariţia unei zone de condens la interior. Pentru remedierea acestei situaţii este necesar ca: stratul termoizolator să fie distanţat de perete, iar interspaţiul de aer să fie ventilat prin orificii cu suprafeţe optime, folosindu-se aerul din încăpere.

Condensul în interiorul zidăriei poate apărea şi datorită utilizării placajului ceramic (sau alt material de finisaj impermeabil), de la faţa exterioară a pereţilor, care lucrează ca o barieră contra vaporilor. Placarea se face pentru a proteja peretele de umezire de la apele din precipitaţii, cât şi din considerente estetice. Umezeala (la limita între placajul ceramic şi zid), provenită din condens şi supusă la cicluri îngheţ-dezgheţ va conduce la dislocarea plăcilor. Acest neajuns se poate corecta prin distanţarea stratului exterior cu permeabilitate redusă la vapori şi ventilarea interspaţiului de aer format prin pozarea de orificii spre aerul exterior. Această ventilare de aer prin interspaţiul prevăzut va prelua umiditatea din condens şi o va scoate în aerul exterior.

La clădirile cu pereţi din zidărie de cărămidă, care au umiditatea interioară relativ mai mare decât 60 %, se recomandă aplicarea la faţa interioară a unui strat de vopsea sau un tapet din foi de polimeri, cu rol de barieră de vapori.

Termoizolaţia pereţilor din zidărie de cărămidă se realizează cu:

- strat median termoizolator;
- plăci termoizolante la interior sau exterior.

Pereţii cu strat median termoizolator, sunt alcătuiţi din 2 straturi de zidărie de cărămidă legate cu agrafe (sau plase metalice zincate), protejate anticoreziv, între care se introduce materialul termoizolator: în vrac, (zgură, deşeuri ceramice, argilă expandată), vată minerală, vată de sticlă sau sub formă de plăci din polistiren expandat.

Placarea termoizolantă la interior sau exterior se poate realiza la clădiri noi sau vechi (pentru reabilitare higrotermică).

Plăcile termoizolante folosite la exterior pot fi din polistiren expandat fixate de stratul suport prin aderenţă cu mortar adeziv pe bază de ciment îmbunătăţit cu o suspensie sintetică şi, în anumite cazuri, fixate mecanic cu dibluri. În exterior acest strat este protejat cu armătură de protecţie, din ţesătură de fibre de sticlă înglobată în mortar adeziv. La exterior se pozează o tencuială performantă, în două straturi, grund şi stratul ultim rezistent la intemperii.

Pentru placarea exterioră se mai utilizează plăcile din beton celular autoclavizat. Prinderea plăcilor de zidăria de cărămidă se execută prin intermediul unui strat de mortar şi suplimentar cu agrafe metalice zincate.

Placarea interioară termoizolantă se realizează cu plăci bistrat din ipsos armat cu termoizolaţie din vată minerală, polistiren expandat sau ipsos spongios. Această placare este recomandată numai la pereţii din zidărie de cărămidă care au o permebilitate satisfăcătoare la vapori evitând formarea de condens în interiorul peretelui.

16.7. PEREŢI DIN ZIDĂRIE DIN BETON CELULAR AUTOCLAVIZAT (B.C.A)

Structura betonului celular se obţine prin înspumare. În pasta de ciment, se creează un număr mare de goluri sferice, omogen distribuite. Între aceste goluri există un schelet rezistent.

Prepararea betoanelor celulare se face în malaxoare, prin amestecarea cimentului-agregat - cu o substanţă generatoare de gaze sau spumă (preparată separat).

În componenţa betonului celular (gazbeton, spumobeton) intră: cenuşă de termocentrală (72%), var măcinat (18%), ciment (10%) şi ipsos (2%) din greutatea amestecului.

Întărirea acestor betoane se realizează prin autoclavizare, care în timp scurt asigură: creşterea mare a rezistenţei, reducerea contracţiilor şi a deformaţiilor sub sarcini de durată.

Sporul de rezistenţă ce se obţine prin autoclavizare, comparativ cu întărirea normală, este de 3...5 ori.

Betonul celular autoclavizat trebuie protejat contra umidităţii şi a bioxidului de carbon, care micşorează rezistenţa mecanică şi cea termică. Betoanele celulare au densitatea aparentă cuprinsă între 4000...12000 N/m^3.

Blocurile din b.c.a. nu se vor folosi în locuri expuse umezirii (fundaţii, ziduri de subsol, canale).

La proiectarea clădirilor cu pereţi portanţi din blocuri de b.c.a. se va folosi soluţia pereţilor structurali transversali, care se pozează la distanţe relativ mici.

Aşezarea blocurilor de b.c.a. în cadrul zidăriei se face astfel ca direcţia de înspumare să fie perpendiculară pe direcţia de încărcare.

La pereţii structurali nu se admite combinarea blocurilor mici din beton celular autoclavizat şi cărămizi.

Mărirea capacităţii portante a pereţilor din b.c.a. se poate realiza cu sâmburi din beton armat.

Pereţii portanţi din blocuri mici de b.c.a. se pot folosi la clădiri de maximum 2 nivele.

Planşeele de beton armat reazemă pe pereţii structurali din b.c.a., prin intermediul unor centuri din beton armat.

În cazul pereţilor neportanţi (de compartimentare), legătura cu ceilalţi se realizează prin ţesere sau armături metalice (cuie, agrafe din sârmă de oţel).

Pereţii despărţitori, care au înălţimea mai mare, se armează cu oţel beton pozat la distanţă de două rosturi pe orizontală.

16. 8. CLĂDIRI CU PEREŢI STRUCTURALI DIN ZIDĂRIE

Pereţii portanţi din zidărie sunt concepuţi ca structuri cu pereţi transversali sau pereţi longitudinali şi transversali (fig.16.7). În cazul pereţilor portanţi din zidărie simplă se limitează înălţimea etajului, deschiderea planşeelor şi distanţa între pereţii de contravântuire.

Golurile (din ferestre sau uşi) în pereţii portanţi trebuie să fie uniform distribuite în lungul acestora astfel ca plinul (spaletul) să satisfacă condiţiile de rezistenţă şi stabilitate. Spaletul are ca dimensiune (lăţimea) multiplul lungimii cărămizii.

Pereţii portanţi din zidărie, în afară de transmiterea sarcinilor de la clădire spre fundaţii, au şi rol de izolare termică, acustică şi asigurarea rezistenţei la foc.

Pereţii portanţi din zidărie prezintă următoarele particularităţi: comportare

higrotermică şi acustică bună, posibilităţi restrânse de prefabricare; capacitate portantă la acţiunea încărcărilor din seism.

Domeniul de utilizare a acestor pereţi este constituit de clădirile cu număr redus de niveluri (2...5 niveluri).

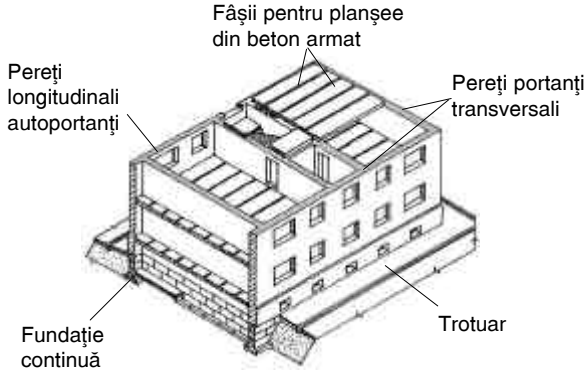
Pereţii structurali din zidărie se pot concepe din zidărie simplă ori zidărie armată sau întărită cu stâlpişori din beton armat. Aceşti pereţi se pot executa din cărămidă plină, cărămidă cu găuri verticale, blocuri ceramice, sau din beton celular autoclavizat (b.c.a.).

Clădirile cu structură din pereţi portanţi din zidărie se vor concepe cu forme în plan regulate, compacte şi simetrice, pentru a limita efectele defavorabile din torsiune generală ce poate apărea în timpul cutremurului. Concomitent, pe verticală se vor asigura variaţii uniforme ale rigidităţilor clădirii în ansamblu şi ale elementelor structurale componente.

La clădirile cu forme neregulate, înălţimi sau cu mase diferite, se vor separa prin rosturi, în tronsoane. Lungimea maximă a tronsoanelor este influenţată de gradul de protecţie seismică, de natura terenului şi de tipul planşeului, care asigură efectul de şaibă, diafragma orizontală.Înălţimea clădirilor cu pereţi din zidărie portantă variază funcţie de structura adoptată, pereţi portanţi deşi (5m) sau mai rari (6...9 m).

Structuri de pereţi portanţi din zidărie de cărămidă

Pereţi portanţi transversali



Pereţi portanţi longitudinali

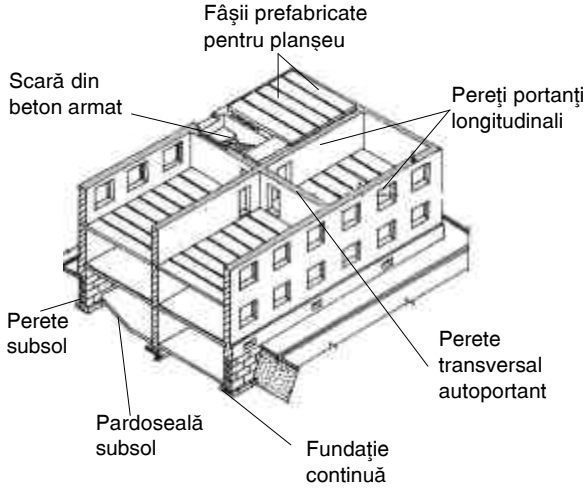
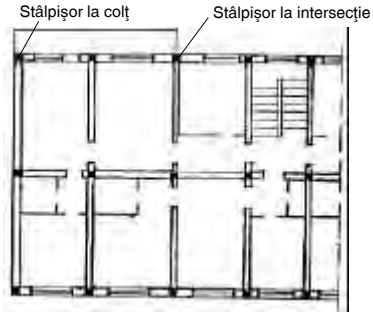


Fig. 16.7. Clădiri cu structuri alcătuite din pereţi portanţi transversali sau longitudinali

Pereţi portanţi din zidărie întăriţi cu stâlpişori şi centuri din beton armat

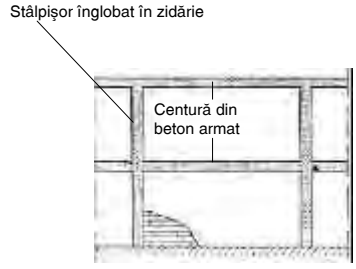
Amplasarea stâlpişorilor din beton armat

Plan



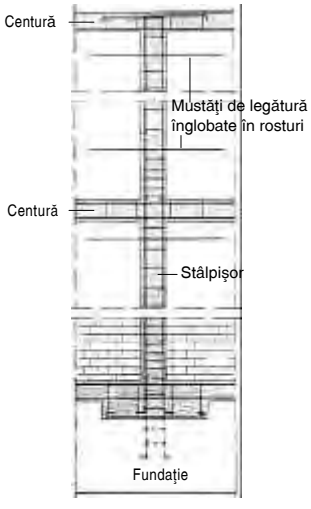
Rigidizarea pereţilor cu stâlpişori şi centuri

Elevaţie

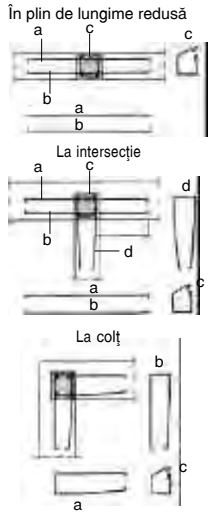


Armare stâlpişor din beton armat

Elevaţie



Secţiuni caracteristice



Buiandrugi

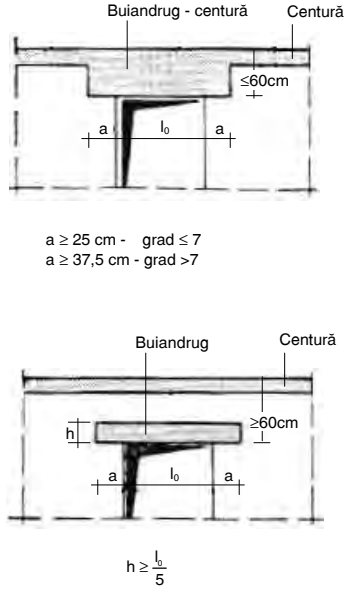


Fig. 16.8. Pereţi portanţi din zidărie rigidizaţi cu stâlpişori şi centuri din beton armat. Amplasare stâlpişori. Armare stâlpişori, centuri şi mustăţi de legătură înglobate în rosturile zidăriei. Tipuri de buiandrugi.

Numărul de niveluri la clădirile cu zidărie portantă se adoptă funcţie de gradul de protecţie antiseismică, dar şi funcţie de structura aleasă.

La conceperea structurii din pereţi portanţi de zidărie se va limita distanţa între aceşti pereţi, dar şi aria acestora. Limitările sunt motivate de rezistenţele mecanice reduse ale zidăriei la acţiunea seismică.

La concepţia pereţilor portanţi din zidărie se va evita slăbirea excesivă a acestora datorită golurilor de uşi şi ferestre, astfel ca plinurile dintre ele să satisfacă condiţiile necesare de rezistenţă şi stabilitate la acţiuni verticale şi orizontale.

În alcătuirea acestor structuri se va urmări obţinerea unor valori apropiate ale rigidităţilor după cele două direcţii principale în plan ale clădirii.

Pereţii din zidărie întărită cu stâlpişori din beton armat. (fig.16.8) Mărirea capacităţii de rezistenţă şi a rigidităţii pereţilor portanţi din zidărie se poate realiza prin întărirea acestora cu stâlpişori din beton armat şi armare orizontală a zidăriei. În acelaşi timp se va prevedea o reţea continuă şi închisă de centuri din beton armat la nivelul fiecărui planşeu, centuri ce participă la preluarea eforturilor de întindere sau compresiune ce apar în diafragma orizontală a planşeului datorită acţiunii seismice.

Centurile de la nivelul planşeelor ce leagă stâlpişorii din beton armat vor fi continui, iar buiandrugii de deasupra golurilor se pot realiza independent sau împreună cu centura, funcţie de înălţimea plinului de deasupra golului de fereastră.

În cazul clădirilor cu înălţime peste 9 m, în zonele cu grad seismic mai mare de 7, este obligatoriu prevederea buiandrugilor din beton armat monolit.

În cazul înălţimii nivelurilor mai mari de 4 m, se vor prevedea în pereţii portanţi centuri intermediare între cele ale planşeelor.

Stâlpişorii de întărire a zidăriei, din beton armat, se vor turna (după executarea zidăriei şi montarea armăturii) într-un spaţiu închis pe două sau trei laturi din zidărie iar restul sunt cofrate.

Pereţii din zidărie portantă înrămaţi prin intermediul stâlpişorilor şi centurilor din beton armat au o comportare bună la încărcări seismice.

Conlucrarea stâlpişorilor din beton armat cu zidăria se realizează prin intermediul unei armături de legătură ce pătrunde în rosturile orizontale ale pereţilor portanţi de zidărie.

Poziţia înnădirii armăturii longitudinale din stâlpişori şi distanţa între etrieri (armătura transversală) este influenţată de gradul de protecţie antiseismică.

Zidăria armată se va utiliza la pereţii portanţi din zonele seismice în vederea măririi capacităţii portante la acţiuni

verticale şi orizontale. Pozarea armăturii se va realiza în rosturile orizontale (la distanţe de 45...60 cm pe verticală), sub golurile ferestrelor (armătură continuă), la colţuri, intersecţii, ramificaţii şi plinuri între ferestre ce nu sunt legate cu alţi pereţi transversali (armare locală).

16.9. ELEMENTELE CONSTRUCTIVE LA ZIDĂRII

Centurile, elementele constructive din beton armat, ce asigură stabilitatea clădirilor din zidărie, preiau eforturile datorită cutremurului sau a tasărilor inegale şi le redistribuie structurii din ziduri portante (fig.16.9).

Centurile se pozează, de obicei, la nivelul planşeelor clădirilor.

În funcţie de rolul lor, centurile din beton armat se clasifică în: centuri de asamblare, repartizare, tasare, ancorare, stabilitate şi antiseismice.

În cadrul clădirilor, centurile pot îndeplini una sau mai multe din aceste funcţiuni, în acelaşi timp.

Centurile, de obicei, au o înălţime de 15 ... 20 cm, iar lăţimea se recomandă să fie mai mică decât grosimea pereţilor, pentru a permite izolarea termică la exterior, ce conduce la micşorarea punţii termice.

În zonele seismice centurile de beton armat se vor prevedea pe toate zidurile de contravântuire, la nivelul tuturor planşeelor.

Centurile din zonele seismice se recomandă să fie continue, să aibă o înălţime constantă, iar lăţimea aproximativ egală cu grosimea pereţilor.

În zonele seismice vom prevedea armătură continuă cu procent minim de armare. Înnădirile armăturii se vor realiza prin petrecerea acesteia (pe o distanţă minimă). La colţuri şi ramificaţii armătura se va ancora pe o lungime de 10 d (d - diametrul armăturii).

Stâlpişorii de beton armat se dispun în cadrul pereţilor, în zonele în care eforturile depăşesc capacitatea portantă a zidăriei de cărămidă (fig.16.8, 16.9).

Stâlpişorii la care betonul este turnat în lăcaşurile lăsate în zidărie, cu armătura pozată, au rolul de a prelua eforturile de întindere, de a spori capacitatea portantă a secţiunilor solicitate la încovoiere sau la compresiunea excentrică şi de a mări capacitatea portantă a secţiunilor solicitate la compresiune. Rezistenţa betonului întărit în zidăria de cărămidă este mai mare decât rezistenţa betonului întărit în cofraje obişnuite de lemn, viteza de pierdere a apei din beton fiind mai mică.

Stâlpişorii din beton armat se utilizează la:

- pereţi potanţi înalţi, solicitaţi la compresiune excentrică;
- structuri de zidărie portantă (4-5 niveluri), amplasate în zone seismice;
- pereţi neportanţi care depăşesc lungimea de 5 m şi înălţimea de 3,5 m.

Turnarea betonului în stâlpişori se realizează după ce zidăria a fost ridicată, după introducerea armăturilor în spaţiul liber şi după completarea cu cofraj a feţelor rămase libere.

Integrarea intimă a stâlpişorilor de beton armat în cadrul structurii de zidărie se realizează prin:

- ancorarea etrierilor în rosturile zidăriei, pe o lungime de un metru;
- umplerea incompletă, pe feţele de contact, a rosturilor cu mortar, pentru a permite betonului să intre în aceste rosturi;
- ancorarea armăturii în centura superioară şi inferioară a nivelului;
- grosimea stratului de protecţie a armăturii stâlpişorilor din beton armat să fie de minimum 4 cm, iar etrierii care se ancorează în rosturile zidăriei se dispun la o distanţă de 3-4 rânduri de cărămizi;
- armătura se limitează la un procent de armare minim (0,2%) şi maxim (1,5%) din secţiunea de beton;

se recomandă executarea corespunzătoare a rosturilor în zidăria de cărămidă, pentru a se evita tasări mari în zidărie.

Buiandrugii sunt elemente orizontale de rezistenţă, care preiau încărcarea ce provine de la zidărie de deasupra golului de uşă sau fereastră (uneori şi din sarcinile transmise de planşeu) şi o descarcă în zidăria purtătoare, de o parte şi de alta a golului (fig.16.9).

Buiandrugii se pot executa din lemn, oţel, cărămidă şi beton armat. Grinzile de lemn, folosite ca buiandrugi, se impregnează cu substanţe ignifuge şi antiseptice.

Profilele laminate din oţel se folosesc la execuţia buiandrugilor la golurile în pereţii clădirilor existente. Spaţiul între profilele metalice se completează cu beton.

Buiandrugii din zidărie armată se realizează prin înglobarea unor bare din oţel-beton, la partea lor inferioară, într-un strat de 1... 3 cm mortar şi ancorarea lor în zona de rezemare, pe o distanţă de 30 cm.

Buiandrugi din beton armat se folosesc curent la clădiri, ei pot fi din beton monolit sau prefabricat.

Buiandrugii din beton monolit se vor prevedea obligatoriu la structurile portante din zidărie de cărămidă amplasate în zone seismice. Rezemarea buiandrugului este egală cu înălţimea acestuia sau minimum 35 cm.

Buiandrugii se pot contopi cu centurile de la nivelul planşeelor, când înălţimea lor este mai mare sau aceea a etajelor este mică.

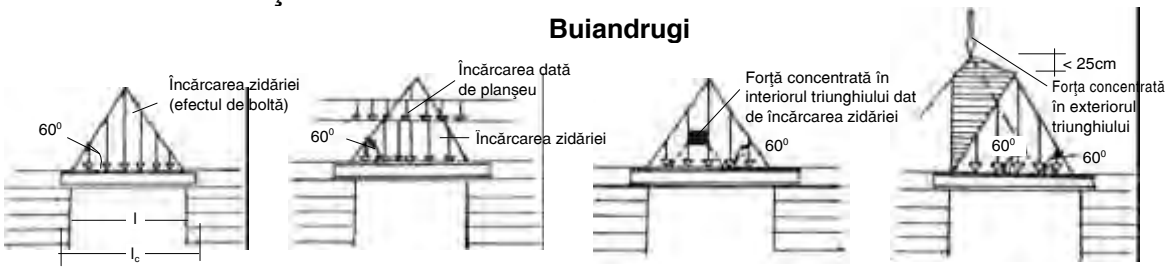
- La pereţii exteriori, pentru micşorarea punţilor termice, buiandrugii din beton armat se căptuşesc la exterior cu temoizolaţie.

Buiandrugii din beton prefabricat cu secţiune dreptunghiulară sau profile se montează pe un strat de mortar de poză. Căptuşirea cu termoizolaţie, în acest caz, se realizează în cofraje de inventar.

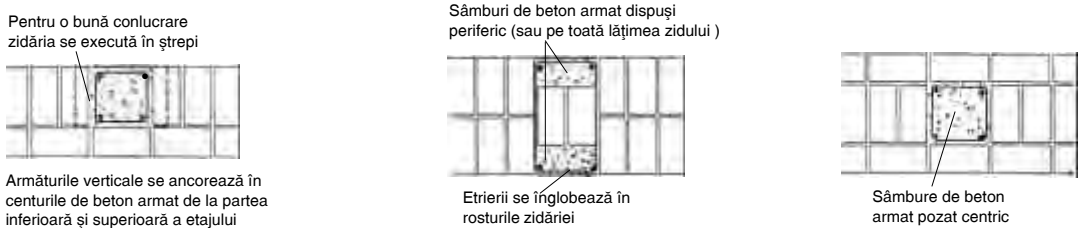
Pentru calculul buiandrugilor aceştia se consideră grinzi simplu rezemate, a căror deschidere de calcul este egală cu lumina golului sporit cu 5...10 %.

Pereţi din zidărie de cărămidă. Elemente constructive.

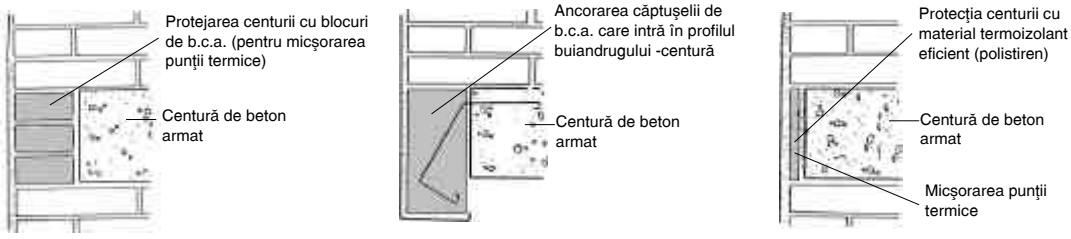
Buiandrugi



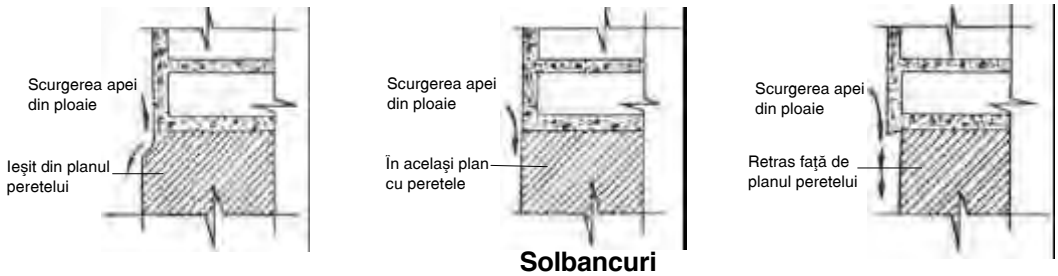
Sâmburi de beton armat.



Centuri din beton armat



Socluri



Solbancuri

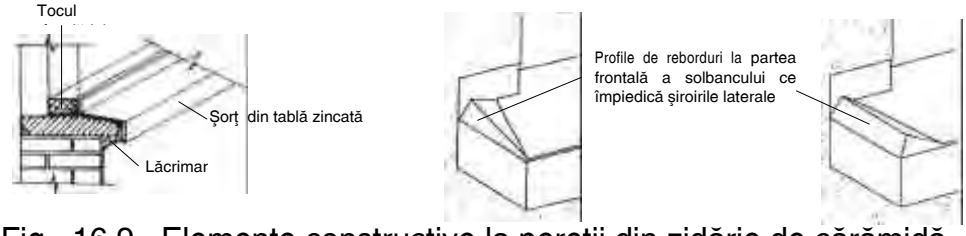


Fig. 16.9. Elemente constructive la pereţii din zidărie de cărămidă. Buiandrugi. Sâmburi şi centuri de beton armat. Socluri. Solbancuri.

Încărcările care se iau în consideraţie în calculul buiandrugilor sunt: greutatea proprie, greutatea zidului de cărămidă tencuit de deasupra, sarcina aferentă din planşeu şi sarcina utilă.

Datorită efectului de boltă a zidăriei, care se naşte în jurul golului, se va adopta ca sarcină pentru buiandrug încărcarea liniar variabilă (sub formă de triunghi echilateral), considerându-se că laturile înclinate ale bolţii fac un unghi de 60° cu orizontala.

Buiandrugii se vor considera încărcaţi şi cu sarcini provenite din planşeele de deasupra, dacă linia mediană a planşeului taie triunghiul echilateral.

Sarcinile concentrate, care pot apărea, de exemplu de la grinzile principale situate deasupra golului, se vor lua în consideraţie la calculul buiandrugului numai dacă punctele lor de rezemare se află în dreptunghiul determinat de deschiderea de calcul a buiandrugului şi de înălţimea triunghiului echilateral, plus 25 cm.

Sarcinile concentrate din afara sau din interiorul suprafeţei triunghiului echilateral se repartizează uniform, sub un unghi de 60°.

Aceeaşi repartiţie a sarcinilor sub un unghi de 60° se consideră şi în secţiunea transversală a zidului.

Soclul este elementul de construcţie, care se execută la partea inferioară a pereţilor exteriori (fig.16.9).

Materialele utilizate frecvent la alcătuirea soclurilor sunt: piatra, betonul, tencuiala cu praf de piatră.

Zidăria din zona soclurilor trebuie să aibă rosturile din parament, bine umplute cu mortar de ciment, pe o adâncime de aproximativ 2 cm.

Legătura finisajului faţadei la soclu se poate realiza prin: soclu ieşit, retras sau în planul faţadei. Soclul ieşit din planul faţadei va avea la partea superioară un profil care îl aduce în planul finisajului faţadei. Această legătură se realizează astfel pentru a evita stagnarea apei de ploaie şi a zăpezii. Linia hidroizolaţiei orizontale, care este separaţia între finisajul faţadei şi al soclului, este marcată printr-un rost deschis.

În cazul folosirii betonului aparent la socluri, se va realiza finisarea prin buceardare, şpiţuire.

Cornişa este elementul de construcţie (consolă) care se execută la partea superioară a pereţilor exteriori (fig.16.9).

Cornişa realizată prin scoaterea în consolă a rândurilor de cărămizi se execută ţinând seama de următoarele recomandări: consola între două rânduri de cărămidă nu poate depăşi 10 cm, iar deschiderea consolei este maximum jumătate din grosimea peretelui.

Când apare necesitatea unor console mai mari, cornişele se realizează din beton armat, dacă deschiderea consolei nu este mai mare, stabilitatea ei este asigurată de încărcarea dată de zidăria

de deasupra. În cazul cornişelor cu deschiderea mare, acestea se vor ancora în zidăria de cărămidă sau în centura de beton armat din dreptul planşeelor. Profilul cornişelor va fi astfel realizat, pentru a permite scurgerea zăpezii şi a apei din ploaie, dar totodată pentru a împiedica prelungirea apei pe faţadă (prin crearea de lăcrimare).

Solbancul este elementul de construcţie care se execută la partea inferioară a ferestrelor, spre exterior (fig.16.9).

Profilul transversal şi longitudinal al solbancurilor se alege astfel ca apele prelinse pe faţadă şi fereastră să fie îndepărtate spre exterior şi să împiedice pătrunderea infiltraţiilor între tocul ferestrei şi solbanc.

16.10. ROSTURILE DE DEFORMAŢII

Rosturile se vor prevedea la clădirile în care se nasc o serie de deformaţii datorită: variaţiei de temperatură, a contracţiei, curgerii lente a betonului (în cazul pereţilor din beton armat), a tasării sau rotirii diferenţiate şi surselor de vibraţii locale puternice (cutremure).

Rosturile se pot defini ca, întreruperi ale clădirilor, de diferite forme şi dimensiuni. Rosturile permit deformarea liberă a tronsoanelor de clădiri datorită unor solicitări suplimentare din elementele de construcţie (fig.16.10).

Aceste solicitări suplimentare sunt cu atât mai mari, cu cât sistemul constructiv este de mai multe ori static determinat şi cu cât dimensiunile clădirii sunt mai mari.

Din punct de vedere al funcţiei pe care trebuie s-o îndeplinească, rosturile de deformaţii pot fi: rosturi de dilataţie, rosturi de tasare sau rosturi antiseismice.

Atunci când este necesar, rosturile pot fi astfel realizate, încât să cumuleze mai multe funcţiuni.

Rosturile de deformaţii pot fi, funcţie de dimensiunile clădirii, numai transversale sau transversale şi longitudinale.

Pentru a putea fi uşor mascate, rosturile se vor amplasa în dreptul unor colţuri intrânde ale clădirii sau în dreptul zidurilor despărţitoare interioare.

Rosturi de dilataţie sunt prevăzute la clădiri în scopul micşorării efectelor variaţiilor de temperatură. Această reducere a deformaţiilor, datorită amplasării rostului, duce la o micşorare proporţională a eforturilor suplimentare în structură (fig.16.10).

Pentru dimensionarea rosturilor, este necesar să se determine alungirile, respectiv scurtările elementelor de construcţie.

Distanţele sunt determinate de o diversitate de factori:

- materiale diferite;
- execuţie monolită sau prefabricată;
- static determinate sau nedeterminate;
- expunere la sud sau la nord;
- prevăzută sau nu cu termoizolaţie;

clădire cu sau fără ventilaţie.

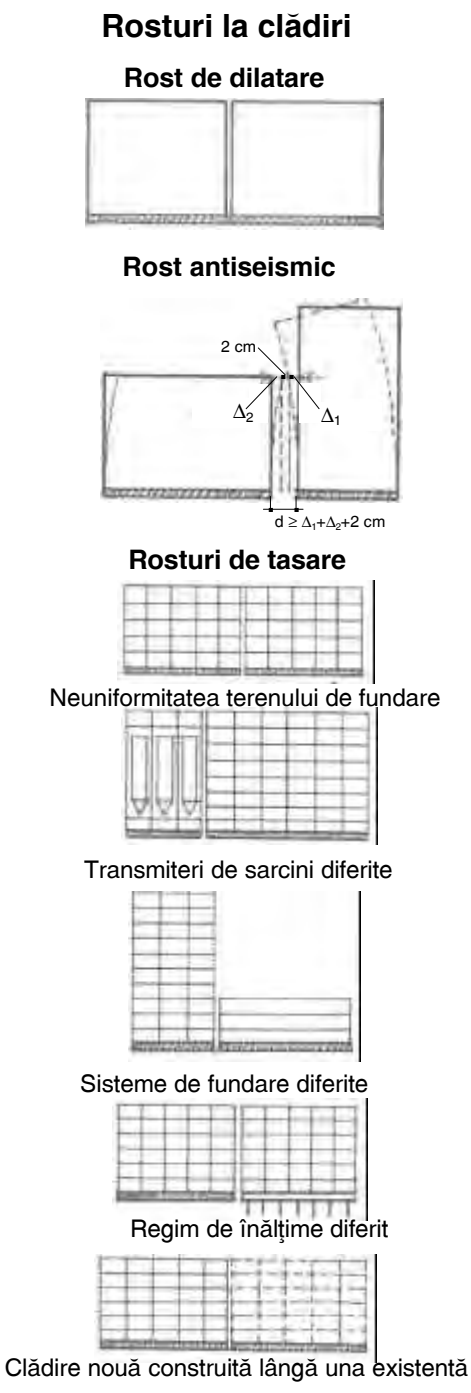


Fig.16.10. Rosturi la clădiri. Rost de dilatare. Rost antiseismic. Rost de tasare.

La etajele superioare ale clădirilor înalte, la planşee masive de acoperiş, cornişe şi balcoane lungi, se vor introduce rosturi suplimentare, datorită expunerii lor la variaţii mari de temperatură.

Rosturile de dilataţie se vor amplasa la distanţă faţă de casa scărilor şi ascensor (elemente foarte rigide), pentru a nu împiedica deformarea liberă a tronsonului.

Distanţa între rosturile de dilataţie a construcţiilor din beton monolit este mai mică decât la cele prefabricate, la care, în momentul montării, construcţia este, practic, aproape terminată.

Lăţimea rosturilor, la clădiri este funcţie de deformaţia tronsoanelor (alungirea planşeului terasă).

Rosturile de dilataţie se pot realiza, din punct de vedere constructiv: prin dublarea elementelor portante, prin folosirea de stâlpi cu console şi prin grinzi în consolă.

Dublarea elementelor portante este cea mai avantajoasă soluţie din punct de vedere constructiv, deşi în faţadă apare o alternare în ordonarea traveelor, ceea ce dăunează aspectului arhitectonic.

În cazul folosirii soluţiei stâlpilor cu console există dezavantaje, datorită faptului că forţele de frecare ce se produc în reazem pot împiedica deplasarea liberă a elementelor.

Soluţia a treia de realizare a rosturilor de dilataţie apare avantajoasă când deschiderea consolelor este mică.

Rosturile de tasare au ca scop întreruperea continuităţii clădirilor (inclusiv a fundaţiilor) pentru deplasări pe verticală, reducând efectele tasărilor inegale (fig.16.10).

Cauzele tasărilor inegale sunt:

- neomogenitatea straturilor din terenul de fundaţie;
- încărcarea mai mare a unor porţiuni din clădire, fie datorită unor sarcini locale mari sau a unui număr diferit de etaje;
- existenţa unor surse locale de vibraţii;
- executarea unei clădiri noi (susceptibilă la tasare în timp) lângă o clădire existentă la care procesul de tasare s-a terminat.

Aceste rosturi se amplasează funcţie de cauzele care ar putea produce tasări inegale.

Realizarea constructivă a rosturilor de tasare se face prin: dublarea elementelor de construcţie sau şicanarea pereţilor verticali.

Rosturi antiseismice. Una dintre cerinţele principale ale unei proiectări corecte a clădirilor din zonele seismice este aceea de distribuţie uniformă a maselor. Deci este necesară realizarea unor clădiri cât mai simetrice faţă de cele două axe principale. Obţinerea acestei simetrii este împiedicată câteodată de condiţiile de amplasament sau funcţionale ale clădirii (fig.16.10).

Etanşarea rosturilor de deformaţii. Rosturile de deformaţii se vor umple cu un material moale, uşor compresibil ca: vată minerală, vată de sticlă, funie gudronată. Nu e indicat a se folosi plăci uşoare aglomerate, din lemn sau plăci de plută, care s-au comportat prea rigid.

Spre exterior, rosturile de deformaţii sunt acoperite cu profile din tablă zincată prevăzute cu o buclă, având rol de barieră de protecţie contra ploii.

La subsoluri prevăzute cu hidroizolaţie bituminoasă, există două posibilităţi de etanşare a rostului:

- se petrece fără întreruperea hidroizolaţiei peste rost, mărindu-se rezistenţa cu straturi suplimentare de pânză bituminată sau foi metalice;
- se întrerupe hidroizolaţia bituminoasă în dreptul rostului şi se racordează cu o tablă ondulată ce acoperă rostul (se foloseşte în cazul tasărilor mari).

Capitolul

17

MECANICA ZIDĂRIILOR

7.1.GENERALITĂŢI

Comportarea mecanică şi la deformaţii a zidăriei

Starea complexă de tensiuni ce apare în zidăria comprimată este influenţată de proprietăţile cărămizilor şi ale mortarului. La contactul între aceste materiale, datorită legăturii prin frecare şi adeziune, cărămizile şi mortarul sunt obligate să aibă aceleaşi deformaţii.

Cărămizile împiedică deformarea mortarului. Cele două materiale componente ale zidăriei sunt solicitate astfel (fig.17.1):

- cărămizile - la întindere transversală, care se suprapune peste tensiunea de compresiune verticală din acţiunea exterioară;
- mortarul - la tensiune laterală de compresiune, fiind împiedicat a se deforma lateral.

În zidăria comprimată, se dezvoltă o stare triaxială de tensiuni (fig.17.1) la compresiunea verticală şi întinderile transversale, cărora li se adaugă şi tensiunile suplimentare datorită variaţiilor dimensiunilor cărămizilor şi a tehnologiei de preparare şi execuţie a mortarului.

Ruperea zidăriei solicitate la compresiune se produce ulterior depăşirii rezistenţelor cărămizilor. Ruperea cărămizilor se face după direcţia forţelor de compresiune (perpendicular pe direcţia tensiunilor transversale de întindere). Deci, rezistenţa la întindere a cărămizilor are o influenţă deosebită asupra capacităţii portante a zidăriei la compresiune.

Ruperea zidăriei la întindere se poate produce după rosturi nelegate şi legate (fig.17.1).

Rezistenţa de rupere la întindere în rosturile nelegate este determinată de aderenţa la suprafeţele de contact între cărămizi şi mortar.

Rezistenţa zidăriei de rupere la întindere în rosturile legate depinde de aderenţă - în cazul ruperii prin rosturi orizontale, iar la ruperea prin cărămizi şi rosturi verticale, depinde de rezistenţa cărămizilor.

Deformarea zidăriei (material compus) este influenţată în special de caracteristicile cărămizilor şi ale mortarului (fig.17.1).

Zidăria de cărămidă este un material elastoplastic. Supusă la încercări, în zidăria de cărămidă apar deformaţii elastice (ε_0) şi plastice (ε_p). Deformaţia zidăriei se compune din deformaţia cărămizilor (10%) şi deformaţia mortarului (90%).

Curba caracteristică a zidăriei σ-ε, $\varepsilon = \varepsilon_0 + \varepsilon_p$, este parabolică (fig.17.1). Forma curbilinie este dată de prezenţa deformaţiei plastice a mortarului.

Tangenta unghiului exprimă aproximativ modulul de elasticitate, care este o mărime variabilă:

$$E = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} = E_0\left(1 - \frac{s}{1{,}1R}\right) = \alpha \cdot R \cdot \left(1 - \frac{s}{1{,}1R}\right)$$

Determinarea modulului de elasticitate se face cu relaţia:

$E = 0{,}5 \cdot (0{,}8) \cdot (1) \cdot R \cdot \alpha \cdot k$ [N/mm^2]

în care:

E - modulul de elasticitate pentru zidării conform;

0,5 - pentru calculul zidăriei la starea limită;

0,8 - pentru calculul deformaţiilor la sistemele static nedeterminate la sarcini de exploatare;

1 - pentru calculul zidăriei la încărcări repetate şi pentru stabilirea perioadei proprii de vibraţie;

R - rezistenţa de calcul la compresiune a zidăriei (N/mm^2);

α - caracteristica de elasticitate a zidăriei;

k - coeficientul de corecţie a rezistenţei de calcul.

Caracteristicile mecanice şi de deformare

Pietre de zidărie. Rezistenţa la compresiune: R_c=30...200 N/mm^2 pentru blocuri mici de beton cu goluri,

R_c =10...140 N/mm^2 pentru blocuri mici din b.c.a.

Mărcile uzuale folosite pentru pietrele de zidărie sunt: 50, 75, 100, 125, 150 şi 200 daN/ cm^2 (50, 100 - pentru cărămizi pline).

Rezistenţa la compresiune din încovoire a pietrelor de zidărie:

- pentru cărămizi:

  $R_{c(i)}$ = (10...30%). R_c (N/mm^2)

R_c - rezistenţa la compresiune a cărămizilor

- pentru b.c.a.:

  $R_{c(i)}$ = (20..35%). R_c (N/mm^2)

R_c - rezistenţa la compresiune a b.c.a.

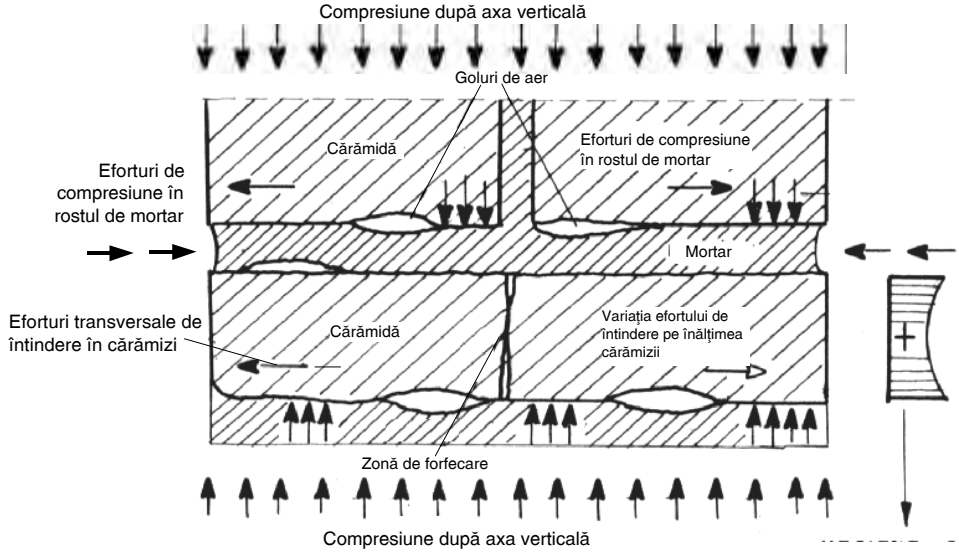
Rezistenţa la întindere a pietrelor de zidărie:

$$R_i = \left(\frac{1}{20} \cdots \frac{1}{30}\right) . R_c \ (\text{N/mm}^2)$$

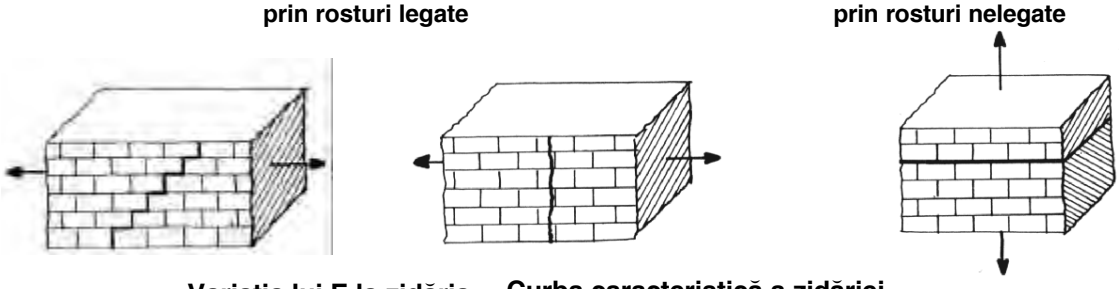
R_c - rezistenţa la compresiune a pietrelor de zidărie.

Comportarea mecanică şi la deformaţii a zidăriei de cărămidă

Stare complexă de eforturi ce apare în zidăria de cărămidă



Moduri de rupere a zidăriei la întindere



Variaţia lui E la zidăria de cărămidă

Curba caracteristică a zidăriei

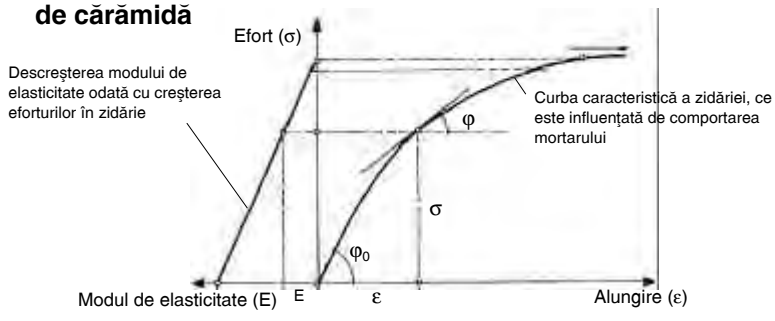
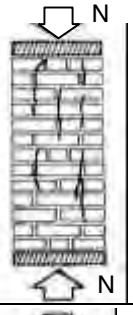


Fig. 17. 1 Caracteristicile mecanice şi de deformare ale zidăriei de cărămidă. Starea de eforturi. Moduri de rupere. Curba caracteristică.

Stadii de lucru şi ruperea zidăriilor la compresiune centrică

Tabelul 17.1

Stadiul	Schiţa	Domeniul de variaţie a lui N	Caracteristici
I		$N < N_{fis}$	• Stadiul exploatării normale, zidăria nu prezintă fisuri
II		$N = N_{fis}$	• Stadiul de fisurare • Apariţia primelor fisuri se datoreşte eforturilor de întindere, încovoiere şi forfecare • Apariţia fisurilor depinde de: – proprietăţile mecanice ale zidăriei – deformabilitatea cărămizilor şi mortarului – modul de execuţie • Apariţia fisurilor în structurile de zidărie face necesară analiza apariţiei şi urmăririi ulterioară a acestora • Fisurile vor evolua odată cu creşterea încărcării
III		$N_{fis} < N < N_r$	• Fisurile existente se alungesc, se lărgesc; apar fisuri noi (datorită dezvoltării deformaţiilor plastice)
IV		$N = N_r$	• Stadiul de rupere • Deschiderea fisurilor continuă şi în cazul când încărcarea rămâne constantă; în cazul unui spor mic de încărcare, fisurile cresc brusc • Ruperea zidăriei se datoreşte depăşirii eforturilor de întindere şi forfecare, la care se adaugă flambajul stâlpilor izolaţi (în care este împărţită zidăria datorită fisurilor) sub acţiunea compresiunii excentrice.

Modulul de elasticitate al pietrelor de zidărie se poate determina, aproximativ, cu relaţiile:

- pentru cărămizi: $E=300.\ R_c$ (N/mm^2)
  R_c - marca cărămizii
- pentru blocuri mici de beton:
  $E=(500...1500).\ R_b$ (N/mm^2)
  R_b - marca betonului
- pentru blocuri b.c.a. cu γ_a=400...650 daN/m^3 E=10.000...25.000 (N/mm^2)

Mortar. În cadrul zidăriei, mortarul are rolul de legătură a pietrelor de zidărie, de repartizare uniformă a eforturilor între acestea şi de etanşeizare a peretelui.

Rezistenţa la compresiune a mortarului:

- mortar de var R_m=1...10 N/mm^2;
- mortar de ciment şi var R_m=15...300 (N/mm^2).

Rezistenţa de calcul a zidăriei (încărcate înainte de 28 de zile) se determină funcţie de rezistenţa la compresiune, redusă cu un coeficient funcţie de vârsta mortarului.

Modulul de elasticitate al mortarului pentru zidării se determină aproximativ cu relaţia: E_m =1000.R_m (N/mm^2), în care: R_m - rezistenţa de rupere a mortarului la compresiune

În cadrul zidăriei armate sau complexe, se vor folosi oţel-beton OB_{37},OB_{30}, PC_{52} şi STNB.

17.2. CALCULUL SECŢIUNILOR DE ZIDĂRIE SIMPLĂ

Acest calcul se face prin metoda stărilor limită. Se vor lua în considerare următoarele stări limită:

- stare limită ultimă de rezistenţă şi stabilitate;
- stare limită a exploatării normale determinată de apariţia sau deschiderea fisurilor.

Calculul secţiunilor de zidărie se realizează sub acţiunea încărcărilor de calcul. Valorile încărcărilor normate şi ale coeficienţilor de încărcare sunt indicate în standarde.

Solicitările din elementele de zidărie se determină în stadiul elastic.

Stabilirea dimensiunilor secţiunilor de zidărie din calcul se corelează cu cerinţele arhitecturale, de izolare higrotermică şi fonică.

Verificarea elementelor de zidărie la stări limită se face prin compararea încărcărilor de calcul maxime cu capacitatea portantă minimă a zidăriei.

Calculul la compresiune centrică

Influenţele la compresiune a zidăriei sunt prezentate succint în figura 17.2.

Eforturile în elementele comprimate centric se repartizează uniform.

Stadiile de lucru şi ruperea zidăriilor la compresiune centrică este ilustrată în tabelul 17.1.

Ruperea acestor elemente se poate produce în două moduri:

- prin depăşirea rezistenţei de calcul la compresiune a zidăriei σ>R în elementele scurte (fig.17.3.a), la care coeficientul de zveltеţe corespunde unui coeficient de flambaj φ=1;
- prin pierderea stabilităţii în cazul eforturilor critice σ_{CR}< R la elementele

Blocul de zidărie

- rezistenţa la compresiunea zidăriei este direct proporţională cu marca cărămizii;
- raportul între rezistenţa zidăriei şi cea a cărămizii indică influenţa mărcii cărămizii asupra rezistenţei zidăriei;
- zidăria din blocuri cu înălţime mare are rezistenţă mărită datorită creşterii ariei secţiunii verticale. Aceasta conduce la sporirea rezistenţei blocului la încovoiere, întindere, forfecare;
- rezistenţa zidăriei este invers proporţională la cărămizile cu goluri verticale. Aceasta se datoreşte micşorării modulului de rezistenţă, a secţiunii verticale a cărămizii dar şi creşterea neuniformă a stratului de mortar şi concentrarea eforturilor în jurul golurilor;

Mortar

- rezistenţa zidăriei creşte proporţional cu marca mortarului; creşterea este accentuată pentru mărcile joase ale mortarului;
- marca mortarului, cu valoare mare, influenţează mai puternic rezistenţa zidăriilor. Acest lucru se datorează unui număr mai mare de rosturi orizontale pe înălţimea zidăriei.

Rezistenţa la compresiunea zidăriei este influenţată de

Vârsta zidăriei şi durata de încercare

- rezistenţa zidăriei creşte rapid o dată cu creşterea rezistenţei mortarului de marcă superioară;
- creşterea rezistenţei zidăriei în timp se realizează continuu sub sarcini din greutate proprie, execuţie şi utile pe o anumită durată;
- dacă încărcarea de durată nu depăşeşte sarcina de fisurare, încercările au arătat o creştere a rezisteenţei zidăriei;

Calitatea şi modul de execuţie a zidăriei

- rezemarea uniformă a cărămizii se realizează prin apăsarea pe stratul de mortar şi depinde de modul de execuţie;
- vibrarea zidăriilor poate dubla rezistenţa la compresiune a acestora. Această operaţie conduce la umplerea rosturilor şi mărirea adeziunii între cărămidă şi mortar;
- vibrarea măreşte gradul de utilizare a mărcii cărămizii realizând o zidărie eficientă
- vibraerea influenţează lucrabilitatea mortarelor eliminând rezemări punctuale ale cărămizilor

Rosturile orizontale şi forma cărămizilor

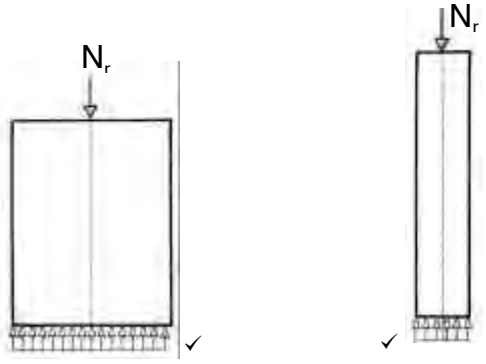
- grosimea mare a rosturilor conduce la o umplere completă şi la o micşorare a eforturilor (datorită neregularităţilor caărămizii).
- grosimea mare a rostului conduce la creşterea deformaţiilor transversale în mortar şi a efortului de întindere în cărămizi;
- grosimea mică a rosturilor în raport cu înălţimea cărămizii conduce la o mărire a rezistenţei zidăriei

Fig.17. 2 Factorii ce influenţează rezistenţa la compresiune

Comportarea zidăriei la compresiune

1. Repartizarea eforturilor în elemente coprimate centric în momentul ruperii

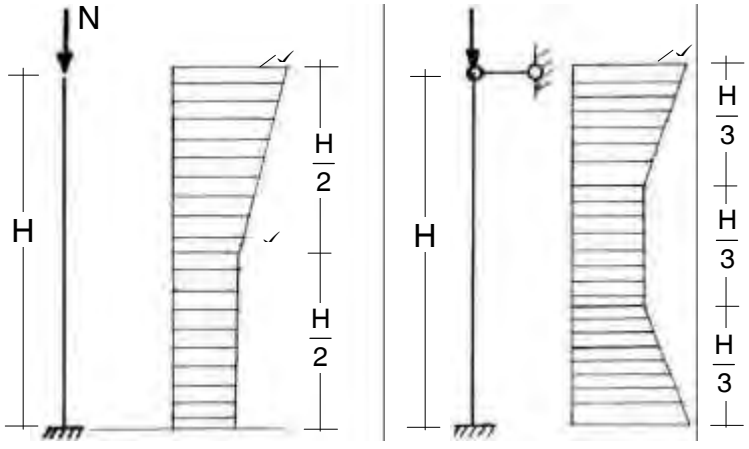
a. Elemente cu zveltețe redusă



b. Elemente cu zveltețe mare

2. Variația coeficentului de flambaj pe înălțime

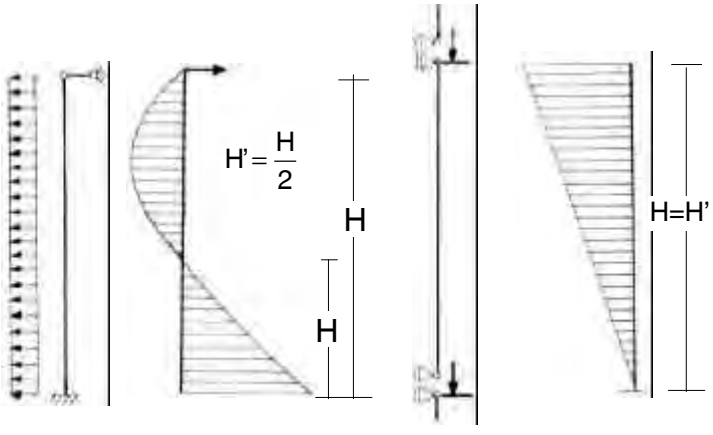
a. Capătul superior liber



b. Capătul superior fix

3. Determinarea lungimii de flambaj

a. Diagrama de momente își schimbă semnul pe înălțime



b. Cazul diagramei cu același semn pe înălțime

Fig.17.3 Comportarea zidăriei la compresiune centrică și excentrică

lungi (fig.17. 3.b), la care coeficientul de flambaj $\varphi < 1$.

Secţiunile din zidărie simplă solicitate la compresiune centrică se calculează cu relaţia:

$$N \leq \varphi \cdot R \cdot A \qquad (17.1)$$

în care:

N - încărcarea axială de calcul [N];

φ - coeficient de flambaj funcţie de gradul (coeficientul) de zvelteţe şi caracteristica de elasticitate(✻=1000; ✻=750).

R - rezistenţa de calcul la compresiune. Este funcţie de marca cărămizii şi marca mortarului.

A - aria secţiunii transversale a zidăriei (mm).

Determinarea coeficientului de flambaj. Pornind de la faptul că, coeficientul de flambaj (φ) al zidăriei (materialul elastoplastic) este raportul între efortul unitar critic al zidăriei (cu modulul de elasticitate variabil) şi limita convenţională de curgere, rezultă că acest coeficient depinde de zvelteţea elementului de zidărie, ca şi caracteristica de elasticitate a zidăriei.

Coeficientul de flambaj se determină în funcţie de coeficientul de zvelteţe (λ) sau gradul de zvelteţe (β) şi caracteristica de elasticitate α=750 şi α =1000 a zidăriei (pentru valori intermediare se interpolează liniar).

Gradul de zvelteţe:

$$\beta = l_f / a \qquad (17.2)$$

în care:

l_f - lungimea de flambaj la elementele de zidărie este în funcţie de rigiditatea legăturilor;

a - dimensiunea caracteristică a secţiunii în sensul în care se consideră flambajul.

Coeficientul de zvelteţe:

$$\lambda = l_f / i \qquad (17.3)$$

în care:

$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ - raza de giraţie a secţiunii în direcţia axei principale de inerţie în sensul în care se consideră flambajul;

I - momentul de inerţie;

A - aria secţiunii.

În cazul valorilor caracteristicii de elasticitate diferite de 1000, valoarea lungimii de flambaj este:

$$l_f(\alpha \neq 1000) = l_f\,(\alpha = 750)\sqrt{\frac{1000}{a}} \qquad (17.4)$$

Coeficientul de flambaj se determină pentru secţiunea slăbită, în cazul elementelor de zidărie cu goluri > 1/3 din grosime sau 1/10 din înălţime, dacă aceste goluri sunt amplasate în zona celor două sferturi de la mijlocul înălţimii - în cazul capătului superior fix (fig.17.3) şi în jumătatea inferioară la elementul cu capătul superior liber.

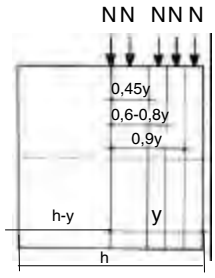
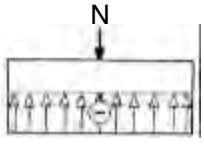
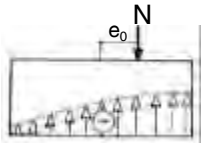
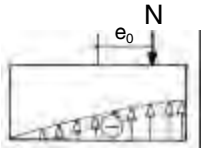
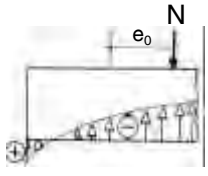
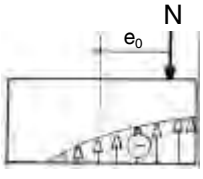
Calculul la compresiune excentrică

Fenomenul de compresiune excentrică este indicat succint în tabelul 17.2. Caracteristicile elementelor de zidărie simplă solicitate la compresiune excentrică:

- forma curbilinie a distribuţiei eforturilor unitare în secţiune este influenţată de deformaţiile plastice ale zidăriei.

Fenomenul de compresiune excentrică

Tabelul 17.2

Zona	Diagrame de eforturi	Limitele excentricităţii	Comentarii
		• y distanţa de la marginea cea mai solicitată până la centrul geometric al secţiunii • e_{lim} excentricitatea limită ce depinde de tipul zidăriei	
Excentricităţilor mici		$e_0=0$	• Secţiunea de zidărie este comprimată • Eforturile unitare de compresiune depind de poziţia forţei, în limitele zonei sâmburelui central
		$0 < e_0 < 0,45y$	
		$e_0 \geq 0,45y$	
Excentricităţilor medii		$0,45y \leq e_0 \leq e_{lim}$	• Marginea secţiunii cele mai îndepărtate de forţă este întinsă $e_{lim} = (0,6 - 0,8)\ y$
Excentricităţilor mari		$e_{lim} \leq e_0 \leq 0,9y$	• Efortul de întindere ce apare în elementul de zidărie este mai mare decât rezistenţa la întindere a zidăriei ($\sigma > R_t^n$) • În zona întinsă, deschiderea rosturilor este pronunţată. Se verifică secţiunea la fisurare. • Efortul e suportat de zona comprimată.

- în calcule, distribuţia tensiunilor se consideră dreptunghiulară;
- rezistenţa zidăriei este determinată numai de rezistenţa zonei comprimate;
- deformaţiile specifice de rupere cresc odată cu excentricitatea;
- porţiunea necomprimată a secţiunii ajută zona comprimată prin limitarea deformaţiilor transversale, deci mărind capacitatea portantă a zidăriei.

Secţiunile din zidărie simplă sunt solicitate la compresiune excentrică:

- cu excentricitate mică: $e_0 \leq 0{,}45 \cdot y$ (excentricitatea pe o direcţie perpendiculară pe axul longitudinal al pereţilor); în acest caz, întreaga secţiune de zidărie este comprimată, iar ruperea începe prin atingerea rezistenţei de rupere la compresiune;
- cu excentricitate mare: $0{,}9 \cdot y > e_0 > 0{,}45y$; secţiunea este parţial întinsă, iar ruperea începe prin deschiderea fisurilor, continuând cu fisurarea zonei întinse şi cu depăşirea rezistenţei de rupere la compresiune în zona comprimată.

Solicitarea de compresiune excentrică la secţiunile de zidărie simplă se calculează cu relaţia:

$$N \leq \varphi \cdot (\varphi_1) \cdot R \cdot A \cdot \psi \quad (N) \qquad (17.5)$$

N - încărcarea axială de calcul;

φ - coeficient de flambaj funcţie de gradul (coeficientul) de zveltețe şi caracteristica de elasticitate (α=1000 sau 750);

φ_1 - coeficient de flambaj la compresiune cu excentricitate mare corectat datorită fisurării secţiunii;

R - rezistenţa de calcul la compresiune funcţie de marca cărămizii, a mortarului şi coeficientul condiţiilor de lucru (aria de zidărie);

A - aria secţiunii transversale a zidăriei (mm^2);

ψ - coeficient de reducere (influenţat de excentricitate) a capacităţii portante a elementelor comprimate excentric.

Calculul coeficientului de flambaj corectat (φ_1) se face cu relaţia:

$$\varphi_1 = \frac{j + j_c}{2} \qquad (17.6)$$

φ_1 - coeficient de flambaj la compresiune cu excentricitate mare corectat datorită fisurării secţiunii;

φ - coeficient de flambaj pentru întreaga secţiune;

φ_c - coeficient de flambaj pentru partea comprimată a secţiunii (A_c) a elementelor comprimate excentric cu excentricitate mare.

Coeficientul de flambaj φ_c se calculează folosind gradul de zveltețe (sau coeficientul de zveltețe):

$$\beta_c = \frac{H'}{a_c} \quad \text{sau} \quad \lambda_c = \frac{H'}{i_c} \qquad (17.7)$$

în care

β_c - grad de zveltețe pentru calculul lui φ_c;

a_c - înălţimea părţii comprimate a secţiunii A_c;

λ_c - coeficient de zveltețe pentru calculul φ_c;

$H'=H/2$ când diagrama momentului încovoietor îşi schimbă semnul pe înălţimea elementului (fig.17.3.a);

H′ = H când diagrama îşi păstrează semnul pe toată înălţimea (fig. 3.b);

i_c - raza de giraţie a părţii comprimate a secţiunii A_c.

Calculul elementelor din zidărie simplă la compresiune cu excentricitate mare, la apariţia fisurilor în cazul $e_{lim} \le e_0 \le 0{,}9 \cdot y$, în care:

$e_{lim}=0{,}6 \cdot y$ - pentru grupări de încărcări fundamentale;

$e_{lim}=0{,}7 \cdot y$ - pentru grupări de încărcări speciale,

se face cu relaţia:

$$N \le \frac{R_{ti} \cdot A \cdot m_f}{\frac{A \cdot e_0}{W} - 1} \qquad (17.8)$$

în care:

N - încărcarea de calcul (N);

R_{ti} - rezistenţa de calcul la fisurare funcţie de marca mortarului (N/mm^2);

A - aria secţiunii transversale a elementului comprimat (mm^2);

m_f - coeficientul condiţiilor de lucru

e_0 - excentricitatea de calcul e_0=M/N (mm);

W - modulul de rezistenţă în stadiul elastic, al secţiunii (mm^3).

Calculul la compresiune locală (strivire)

Compresiunea locală (strivirea) este o solicitare des întâlnită la construcţiile de zidărie, când încărcarea este distribuită numai pe o porţiune a suprafeţei elementului de rezemare (fig.17.4). Rezistenţa la compresiune locală (strivire) a zidăriei este de obicei mai mare ca rezistenţa la compresiune a întregii zdării. Aceasta se justifică prin faptul că restul zidăriei neîncărcate limitează deformaţiile transversale ale zidăriei prin efectul de încorsetare pe care îl exercită.

Calculul secţiunilor din zidărie simplă la strivire se efectuează cu relaţia:

$$N_{str}^{c} = n \cdot N_{str}^{n} \le \mu \cdot R_{str} \cdot A_{str} \quad (N) \quad (17.9)$$

în care :

N_{str}^{c} - valoarea încărcării locale de calcul (N);

n - coeficientul încărcării;

N_{str}^{n} - intensitatea încărcării locale normate (N);

R_{str} - rezistenţa de calcul la strivire (N/mm^2) ;

A_{str} - suprafaţa de strivire (aria secţiunii la care se transmite încărcarea în diverse cazuri: capetele grinzilor, colţul peretelui) (mm^2);

μ - coeficient de formă al diagramei presiunilor transmise de încărcarea locală şi de redistribuirea eforturilor în zona strivirii conform relaţiei:

$$\mu = \bar{\mu}_{\perp} \bar{\mu}_{\parallel} \nu \qquad (17.10)$$

în care:

$\bar{\mu}_{\perp}$ - coeficient de formă al diagramei presiunilor după direcţia perpendiculară pe axa elementului ce reazemă şi se calculează cu relaţia:

$$\bar{\mu}_{\perp} = \frac{N_{str}}{\sigma_{max\perp} A_{str}} \qquad (17.11)$$

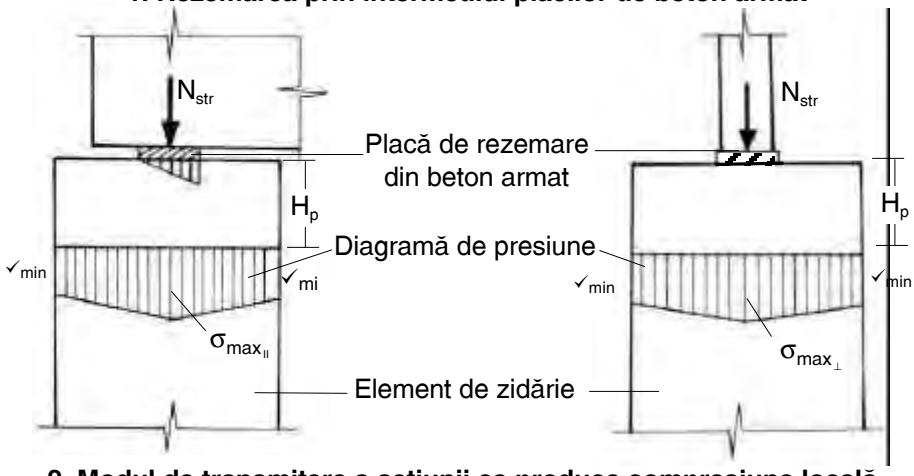
N_{str} - intensitatea încărcărilor locale;

$\sigma_{max\perp}$ - valoarea maximă din diagrama presiunilor după direcţie perpendiculară cu axa elementului de rezemare;

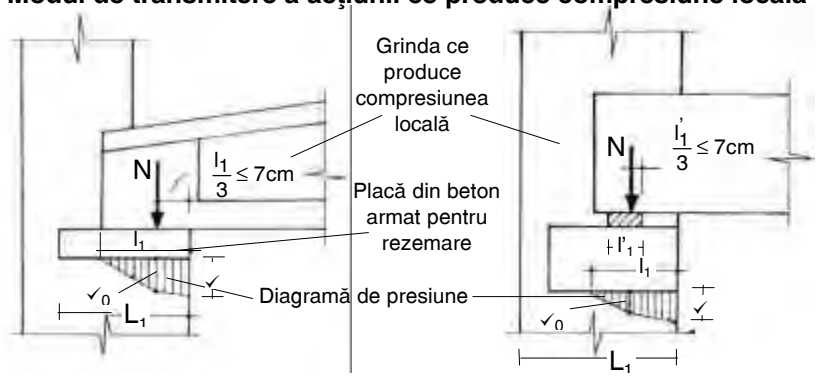
A_{str} - suprafaţa de strivire;

Comportarea la compresiune locală (strivire) a elementelor de zidărie

1. Rezemarea prin intermediul plăcilor de beton armat



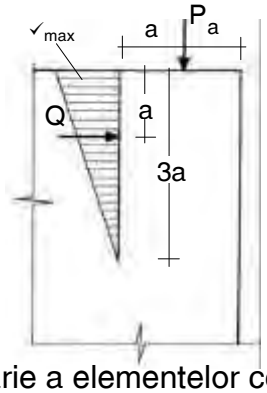
2. Modul de transmitere a acţiunii ce produce compresiune locală



a. Rezemare directă pe placa din beton armat

b. Rezemare prin intermediul unei plăcuţe de rezemare

3. Capacitatea portantă a zidăriei la întindere este mai mică decât efortul maxim din zona de strivire



În acest caz efortul Q=0,3P este preluat de armătura din rosturile zidăriei întinse.

Fig.17.4 Rezemarea pe zidărie a elementelor ce produc compresiune locală (strivire)

$\bar{\mu}_{\parallel}$ - coeficient de formă al diagramei presiunilor după direcţia paralelă cu axa elementului ce reazemă şi se calculează cu relaţia:

$$\bar{\mu}_{\parallel} = \frac{N_{str}}{\sigma_{max\parallel} A_{str}} \qquad (17.12)$$

în care:

N_{str} - intensitatea încărcărilor locale;

$\sigma_{max_{\parallel}}$ - valoarea maximă din diagrama presiunilor după direcţia paralelă cu axa elementului de rezemare;

ν - coeficient ce ţine seama de redistribuţia eforturilor în zona strivirii:

ν=1 - zidărie din b.c.a.

ν=(1,5...0,5) $\bar{\mu}_{\perp}$ $\bar{\mu}_{\parallel}$ - zidărie de cărămidă.

Coeficientul de formă al diagramei presiunilor transmise de încărcarea locală(μ) va avea valoarea μ=1 când distribuţia presiunilor este dreptunghiulară (zidărie din blocuri de b.c.a), μ=0,5 când distribuţia presiunilor este triunghiulară (zidărie de cărămidă).

Rezistenţa de calcul la strivire în ipoteza distribuţiei uniforme a presiunilor zidăriei se calculează cu relaţia (Bauschinger):

$$R_{str} = R \cdot \sqrt[3]{\frac{A_c}{A_{str}}} \le 2 \cdot R \qquad (17.13)$$

în care:

R_{str} - rezistenţa de rupere la compresiune locală (strivire) a zidăriei (N/mm^2);

R - rezistenţa de rupere a zidăriei la compresiune, uniformă pe întreaga secţiune, funcţie de marca mortarului şi a cărămizii (N/mm^2);

A_c - suprafaţa convenţională de calcul la strivire, ce se calculează funcţie de locul de aplicare a încărcării (mm^2);

A_{str} - suprafaţa de strivire (mm^2).

Plăcile de rezemare din beton armat se prevăd în cazul unor elemente de construcţii din zidărie solicitate la compresiune locală în scopul unei distribuţii judicioase a eforturilor de strivire (fig. 17.4).

Grosimea plăcilor (H_p) se adoptă ca multiplu de înălţimea unei asize cu condiţiile:

N_{str}<10.000 daN $H_p \ge 14$ cm;

N_{str}>10.000 daN $H_p \ge 22$ cm.

Armarea plăcilor de rezemare se face cu două plase din oţel-beton, realizând un procentaj de armare mai mare de 0,5% după fiecare direcţie.

Acţiunea N, ce are ca efect compresiunea locală, se poate transmite direct plăcii din beton armat sau prin intermediul unor plăcuţe de rezemare (fig.17.4).

Lungimea plăcii de rezemare din beton armat L_1, dacă nu este limitată de dimensiunile elementelor de zidărie, trebuie să fie mai mare decât lungimea de rezemare a grinzii l_1 (L_1>l_1).

În fig.17.4 este indicat punctul de aplicaţie a forţei concentrate (reacţiunea grinzii) transmise plăcii de rezemare şi în continuare elementului din zidărie.

Alegerea plăcii este corectă dacă este satisfăcută relaţia:

$$\sigma_{max} < 1{,}6\ R \qquad (17.14)$$

în care:

σ_{max} - efortul maxim ce apare în zidărie în zona de strivire;

R - rezistenţa de rupere a zidăriei la compresiune uniformă pe întreaga secţiune.

Distribuţia presiunilor sub placa de rezemare din beton armat este indicată în diverse scheme funcţie de modul de încărcare şi distribuţia eforturilor, în care mărimile razelor de influenţă ale compresiuniii locale sunt calculate cu ajutorul relaţiei:

$$S = \frac{\pi}{2} \cdot H_{echiv} \qquad (17.15)$$

S - raza de influenţă;

H_{echiv} - înălţimea echivalentă a plăcii de distribuţie.

Înălţimea echivalentă a plăcii de distribuţie se calculează cu relaţia:

$$H = H_{echiv} = 2\sqrt{\frac{E_{pd} \cdot I_{pd}}{E \cdot d}} \quad \text{(mm)} \quad (17.16)$$

în care:

H - înălţimea plăcii de distribuţie (mm);

H_{echiv} - înălţimea echivalentă a plăcii de distribuţie (mm);

E_{pd} - modulul de elasticitate al plăcii de distribuţie (N/mm^2);

I_{pd} - momentul de inerţie al secţiunii plăcii de distribuţie faţă de axa centrală perpendiculară pe lungimea plăcii de rezemare din beton armat L_1;

E - modulul de elasticitate al zidăriei;

d - dimensiunea plăcii de distribuţie perpendiculară pe direcţia de distribuţie.

În cazul suprafeţei de strivire amplasate la marginea peretelui, în zona superioară a zidăriei apar eforturi mari de întindere.

Diagrama poate fi aproximată cu un triunghi având valoarea maximă în dreptul punctului de aplicare a forţei.

Înălţimea zonei întinse se consideră de 1,5 ori mai mare decât lungimea porţiunii încărcate din zidărie (1,5·2a = 3a).

Capacitatea portantă a zidăriei la întindere va fi asigurată de respectarea relaţiei:

$$\sigma_{max} \leq 1{,}8 \cdot R_{ti} \qquad (17.17)$$

în care:

σ_{max} - efortul maxim de întindere ce apare în zidărie în zona de strivire;

R_{ti} - rezistenţa la întindere din încovoiere a zidăriei (funcţie de marca mortarului).

Dacă această condiţie nu este respectată, efortul Q=0,3·P (fig.17.4) trebuie preluat de armătura dispusă în rosturile zidăriei în zona întinsă.

Calculul la întindere.

Rezistenţa la întindere a zidăriei depinde de rezistenţa şi aderenţa mortarului şi este funcţie de direcţia efortului de întindere faţă de rosturile orizontale (fig.17.5.I).

În figura 17.5.II se prezină factorii de care depinde aderenţa între mortar şi carămidă.

Elementele din zidărie simplă solicitate la întindere se calculează cu relaţia:

$$N \leq R_p \cdot A \qquad (17.18)$$

Rezistenţa la întinderea zidăriei depinde de rezistenţa şi aderenţa mortarului.
Funcţie de direcţia efortului de întindere faţă de rosturile orizontale rezistenţa la întindere poate fi:

Rezistenţa la întindere după secţiuni legate

- în această situaţie elementele de zidărie sunt supuse la încovoiere. Momentul este în planul rostului orizontal (pereţi, rezervoare);
- se neglijează aportul aderenţei din rostul vertical, preponderent fiind cel din rostul orizontal;
- această rezistenţă este dublă, ca valoare, comparativ cu rezistenţa din secţiunile nelegate;
- în cadrul secţiunilor legate planul ruperii este paralel sau perpendicular cu rostul orizontal.

Rezistenţa la întindere după secţiuni nelegate

- apare când forţa este dirijată după direcţia rostului orizontal (împingerea lichidelor în pereţi);
- cedarea apare datorită:
  - distrugerii aderenţei între cărămidă şi mortar;
  - depăşirea rezistenţei la întindere a mortarului şi mai rar, depăşirea rezistenţei la întindere a cărămizii.

II.

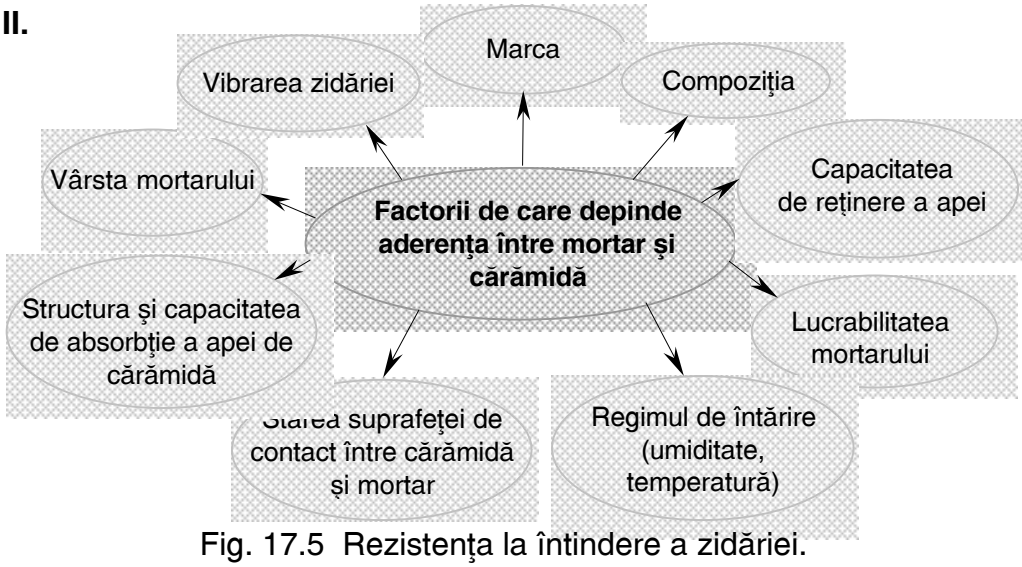


Fig. 17.5 Rezistenţa la întindere a zidăriei.
Factorii ce influenţează aderenţa mortar cărămidă

în care:

N - încărcarea axială de calcul la întindere (N);

R_p - rezistenţa de calcul la eforturi principale de întindere (funcţie de marca mortarului) N/mm^2;

A - aria secţiunii pe care se aplică efortul de întindere (mm^2).

Calculul la forfecare.

Solicitarea de forfecare la zidării va produce ruperea, ca şi la întindere, în secţiuni nelegate sau legate.

În cazul cedării în secţiuni nelegate, efortul de forfecare este paralel cu rosturile orizontale (de exemplu reazemele bolţilor) şi creşte proporţional cu efortul de compresiune.

La ruperea în secţiuni legate efortul de forfecare este perpendicular pe rosturile orizontale (de exemplu consolele din zidărie) traversând cărămizile şi rosturile verticale. Acest efort depinde în special de rezistenţa la forfecare a cărămizii.

Solicitarea la forfecare în cazul elementelor din zidărie nearmată, datorită forţei tăietoare ce acţionează în rosturile orizontale, presupune luarea în considerare a relaţiei:

$$Q \leq (R_f + 0{,}8 \cdot f \cdot \sigma_c) \cdot A_c \qquad (17.19)$$

în care:

R_f - rezistenţa de calcul la forfecare a zidăriei, funcţie de marca mortarului;

σ_c - efortul unitar mediu de compresiune din secţiunea netă comprimată pentru $0{,}9N^n$ (N^n - încărcarea normată);

f - coeficient de frecare, (f=0,7 - solicitări statice; f=0,5 - solicitări dinamice);

A_c - aria secţiunii nete comprimate a zidăriei.

17.3. CALCULUL ZIDĂRIEI ARMATE

Calculul la compresiune centrică şi excentrică

Necesitatea folosirii zidăriei armate apare în cazul sporirii capacităţii portante a elementelor cu sarcini mari, aplicate centric sau în cazul unor încărcări cu excentricităţi importante ale punctului de aplicaţie.

Armarea zidăriei de cărămidă conduce la reducerea dimensiunilor, la mărirea ductilităţii şi la majorarea rezistenţei la încărcări seismice.

Zidăria se poate arma transversal sau longitudinal (Cap. 16 - 16.4).

Armarea transversală a zidăriei preia eforturi de întindere care constituie una dintre cauzele ruperii zidăriei. Zidăria armată se execută prin pozarea plaselor din bare de oţel-beton în rosturile orizontale. Eficacitatea sporită a armăturii transversale apare în situaţia când excentricitatea $e_0 \leq 0{,}15$ h şi gradul de subţirime $\lambda \leq 15$ la secţiuni dreptunghiulare.

Armarea longitudinală este recomandată pentru excentricităţi $e_0 > 0{,}15$ h şi gradul de subţirime $\lambda > 15$; se foloseşte pentru mărirea capacităţii portante a elementelor de zidărie

supuse la vibraţii sau la sarcini seismice.

Elementele de zidărie armate transversal comprimate centric se calculează cu relaţia:

$$N \leq \varphi \cdot R_{za} \cdot A \qquad (17.20)$$

în care:

R_{za} - rezistenţa de calcul la compresiune centrică a zidăriei amate;

φ - coeficientul de flambaj determinat funcţie de gradul (coeficientul) de zvelteţe şi caracteristica de elasticitate (α=1000 sau 750);

A - aria echivalentă a secţiunii transversale a elementului.

Rezistenţa de calcul la compresiune centrică a zidăriei armate din relaţia de mai sus, se calculează astfel:

$$R_{za} = R + \grave{\imath} \cdot R_a \qquad (17.21)$$

în care:

R - rezistenţa de calcul a zidăriei simple, funcţie de marca cărămizii şi a mortarului (N/mm^2);

R_a - rezistenţa de calcul a armăturii;

μ - procentul de armare ce se determină cu relaţia:

$$\mu = \frac{V_a}{V_z} \cdot 100\% \qquad (17.22)$$

în care:

V_a - volumul de armătură;

V_z - volumul zidăriei.

În cazul armării cu plase sudate (cu ochiuri pătrate) în rosturi orizontale, procentul de armare se determină cu relaţia:

$$\mu = \frac{2 \cdot A_a}{C \cdot S} \cdot 100(\%) \qquad (17.23)$$

în care:

A_a - secţiunea armăturii;

C - latura ochiului plasei sudate;

S - distanţa pe verticală între plasele sudate.

Calculul secţiunilor din zidărie armată transversal la compresiune cu excentricitate mică (e_0<0,45y) se realizează cu relaţia:

$$N \leq \varphi \cdot R_{za} \cdot A \cdot ø \qquad (17.24)$$

în care:

φ - coeficientul de flambaj determinat funcţie de gradul (coeficientul) de zvelteţe şi caracteristica de elasticitate (α=1000 sau 750);

R_{z_a} - rezistenţa de calcul la compresiune excentrică a zidăriei armate, conform relaţiei de mai sus;

A - aria secţiunii transversale efective a elementului;

ψ - coeficient de reducere a capacităţii portante a elementului comprimat excentric, funcţie de mărimea excentricităţii şi forma secţiunii transversale.

Calculul secţiunilor de zidărie armată în cazul compresiunii cu excentricitate mare se face ca şi pentru zidăria nearmată. Se acceptă acest calcul având în vedere că armarea transversală nu măreşte rezistenţa zidăriei.

17.4. CALCULUL ZIDĂRIEI MIXTE

Calculul la compresiune centrică şi excentrică

Zidăria mixtă foloseşte două sau, mai rar, trei materiale (beton, cărămidă,

piatră naturală). În mod obişnuit, întâlnim pereţi realizaţi din beton (la exterior) şi cărămidă (la interior). Conlucrarea între cele două materiale se realizează prin cărămizi de legătură care pătrund în stratul de beton atât prin execuţia alternantă a zidăriei, cât şi prin turnarea betonului.

Calculul elementelor de zidărie mixtă, alcătuită din straturi verticale de materiale diferite, se realizează prin adoptarea unei secţiuni echivalente, redusă la un singur strat omogen. Grosimile rămân constante, iar lăţimile se reduc cu relaţia:

$$b_{k_{echiv}} = b_k \cdot \frac{R_k}{R} \qquad (17.25)$$

în care:

b_k - lăţimea efectivă a stratului k (mm);

$b_{k_{echiv}}$ - lăţimea echivalentă a stratului k (mm);

R_k - rezistenţa de calcul la compresiune (N/mm^2);

R - rezistenţa de calcul la compresiune a stratului de referinţă faţă de care se calculează zidăria mixtă (N/mm^2).

Rezistenţa de calcul echivalentă convenţională a zidăriei mixte, la care straturile se deformează solidar, iar capacitatea portantă este influenţată de stratul principal, se determină cu relaţia:

$$R_{echiv} = \frac{\sum m_i A_i R_i}{\sum A_i} \qquad (17.26)$$

în care:

m_i - coeficienţi ai condiţiilor de lucru pentru diferite straturi ale zidăriei mixte, funcţie de material;

A_i - ariile secţiunilor straturilor (mm^2);

R_i - rezistenţele de calcul ale diferitelor straturi (N/mm^2).

Calculul secţiunilor din zidărie mixtă la compresiune centrică se realizează cu relaţia:

$$N \le \varphi \cdot R_{echiv} \cdot A \qquad (17.27)$$

în care:

N - sarcina de calcul (N);

φ - coeficientul de flambaj determinat funcţie de gradul (coeficientul) de zveltețe şi caracteristica de elasticitate (α=1000 sau 750).

R_{echiv} - rezistenţa de calcul echivalentă convenţională la compresiune a zidăriei mixte determinată cu relaţia de mai sus (N/mm^2);

A - aria secţiunii transversale a elementului (mm^2).

Pereţii din zidărie mixtă, solicitaţi la compresiune cu excentricitate mică, se calculează cu relaţia:

$$N \le m_u \cdot \varphi \cdot R_{echiv} \cdot A \cdot \psi \qquad (17.28)$$

în care:

N - încărcarea de calcul (N);

A - aria totală a secţiunii efective a straturilor portante (mm^2);

R_{echiv} - rezistenţa de calcul echivalentă convenţională la compresiune a zidăriei mixte, calculată cu relaţia de mai sus (N/mm^2);

φ - coeficientul de flambaj determinat funcţie de gradul (coeficientul) de

zvelteţe şi caracteristica de elasticitate (α=1000 sau 750);

ψ - coeficient de reducere a capacităţii portante a elementului comprimat excentric, funcţie de mărimea excentricităţii şi forma secţiunii transversale.

Coeficientul m_u, influenţat de legăturile transversale ale zidăriei mixte, în cazul compresiunii excentrice, se calculează cu relaţia:

$$m_u = m_o(1 - \frac{e_0}{4y}) \qquad (17.29)$$

în care:

m_0=1 - legături transversale ale zidăriei la distanţe de cel mult 40 cm;

m_0=0,9 - legături transversale ale zidăriei pe înălţime maximă de 60 cm;

e_0 - excentricitatea de calcul în raport cu centrul de greutate al secţiunii echivalente;

y - distanţa de la centrul de greutate al secţiunii până la marginea cea mai comprimată.

Secţiunile din zidărie mixtă la compresiune cu excentricitate mare , se determină cu relaţia:

$$N \le m_u \cdot \varphi_1 \cdot R_{echiv} \cdot A \cdot \psi_1 \qquad (17.30)$$

în care:

Coeficientul ψ_1 se calculează cu relaţia:

$$\psi_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{A'_{echiv}}{A_{echiv}}\right)^2} \qquad (17.31)$$

în care:

A_{echiv} - aria secţiunii echivalente (mm^2);

A'_{echiv} - aria zonei comprimate a secţiunii echivalente care echilibrează forţa acţionând excentric (mm^2). În cazul când diagrama eforturilor unitare este dreptunghiulară, se determină cu relaţia:

$$A'_{echiv} = 2 \cdot b_{k\ echiv} \cdot (y - e_o) \qquad (17.32)$$

Coeficientul de flambaj φ_1 se stabileşte cu relaţia:

$$\varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi'}{2} \qquad (17.33)$$

în care:

φ - coeficient de flambaj pentru secţiunea A_{echiv};

φ' - coeficient de flambaj pentru secţiunea A'_{echiv}.

17.5. CALCULUL STRUCTURILOR DIN ZIDĂRIE LA ÎNCĂRCĂRI VERTICALE ŞI ORIZONTALE

Pereţii portanţi din zidărie simplă, armată sau/şi întărită cu stâlpişori din beton armat ce formează o structură tip diafragmă au o comportare bună la acţiuni seismice, datorită rezistenţei la rupere sau/şi fisurare mărite, a degradării limitate la acţiuni ciclice şi având o ductilitate corespunzătoare.

La clădirile de zidărie, considerate rigide, cu perioada fundamentală joasă, influenţa reducerii sarcinii seismice (σ=1) depinde de ductilitate.

Cu cât factorul de ductilitate este mai mare, cu atât forţele seismice ce acţionează structura vor fi mai mici. Pentru o bună comportare la cutremur se acceptă structuri cu ruperi ductile în detrimentul ruperilor casante. Trebuie

redus la minim riscul prăbuşirii în timpul unui cutremur sever.

Comportarea diafragmelor din zidărie depind: de grosimea inimii, zvelteţea peretelui, de tipul de solicitare principală, de modul de plasticizare a extremităţilor peretelui, de existenţa armăturii pentru preluarea forţelor tăietoare.

Structurile din pereţi portanţi din zidărie pot fi calculate la încărcări orizontale prin: determinarea capacităţii de rezistenţă a elementelor de construcţii, a clădirii în ansamblu şi compararea cu solicitarea de calcul.

Alt mod de calcul este cel cu considerarea conlucrării spaţiale la care solicitările aferente pereţilor se determină funcţie de rigiditatea relativă a acestora (aceleaşi principii ca la beton armat dar cu corecturi specifice zidăriei).

Capacitatea de rezistenţă a diafragmelor de zidărie (un mod de calcul simplificat şi aproximativ) se stabileşte pe baza dimensiunilor acestora, a alcătuirii constructive, a încărcărilor verticale ce acţionează.

Capacitatea de rezistenţă se exprimă sub forma mărimii forţei tăietoare capabile. Ea se determină pentru una din solicitări; compresiune excentrică cu excentricitate în planul pereţilor, forfecarea rostului orizontal şi eforturi principale de întindere în secţiuni înclinate.

Se vor compara capacităţile de rezistenţă minime însumate a diafragmelor din zidărie, pentru fiecare direcţie principală corectată cu coeficientul condiţiilor de lucru, cu forţa seismică totală la nivelul respectiv. Efectul torsiunii este înglobat în coeficientul încărcării (5).

Ipotezele pe care se bazează, calculul la capacitate portantă sunt:

- planşeele, ce leagă pereţii portanţi de zidărie prin intemediul centurilor, au o rigiditate suficientă pentru redistribuirea încărcărilor, după ce unul sau mai multe elemente au atins valoarea capacităţii de rezistenţă. La această redistribuire a încărcărilor pot fi antrenate elemente care mai au rezerve de rezistenţă.
- coeficientul condiţiilor de lucru corectează neconcordanţa dintre comportarea reală şi ipotezele admise de redistribuirea încărcărilor (de exemplu deteriorarea unor elemente cu rezistenţă mică şi ieşirea lor din lucru înainte de timp fără să lucreze în domeniul plastic);
- se acceptă ipoteza distribuirii solicitărilor orizontale în funcţie de capacitatea de rezistenţă a elementelor componente pentru calculul la torsiune a structurii şi pentru verificarea fundaţiilor;
- în cazul conlucrării elementelor de beton armat înglobate în zidărie se consideră rezistenţa acesteia afectată de un coeficient al condiţiilor de lucru care ţine cont de diferenţa de rigiditate a acestor materiale;
- la calculul pereţilor din zidărie cu goluri de uşi şi ferestre se va considera efectul favorabil al buiandrugilor.

Elementul component din structura spaţială a pereţilor de zidărie (diafragmă, montant) lucrează ca o consolă verticală încastrată la bază şi solicitată de forţe seismice la fiecare nivel. La nivelul planşeului se vor considera legături de tip pendular (planşee fără buiandrugi) sau de tipul buiandrugului cu încastrare elastică.

Încastrarea diafragmelor din zidărie se consideră la nivelul superior al fundaţiilor pentru clădirile cu subsol sau la nivelul soclului la clădirile fără subsol. Dacă rigiditatea subsolului este mai mare decât cea a suprastructurii, nivelul de încastrare a diafragmelor din zidărie se consideră planşeul peste subsol.

În cazul structurilor cu compartimentare deasă, uniformă calculul la capacitate portantă se realizează numai pentru nivelul de bază. În celelalte cazuri calculul se face la fiecare nivel.

Calculul la capacitatea de rezistenţă a structurii din diafragme de zidărie, în ansamblul ei şi verificarea nivelului de siguranţă se face cu relaţia:

$$\eta \sum_{k=n}^{k=j} S_k \leq m \sum_{i=1}^{i=t} T_{c,ij} \qquad (17.34)$$

în care:

S_k - sarcina seismică la nivelul k;

$T_{c,ij}$ - forţa tăietoare capabilă minimă a diafragmei de zidărie i, la nivelul j;

5 - coeficient de supraîncărcare, care ţine seama de efectul torsiunii şi se determină cu relaţia:

$$\eta = 1 + \frac{\sum \Delta S_i}{\sum_{1}^{n} S_k} \qquad (17.35)$$

în care:

$\sum \Delta S_i$ se determină după cele două direcţii principale ale construcţiei funcţie de forţele tăietoare ale diafragmelor, excentricităţile faţă de centrul masic sau centrul de rigiditate, sarcina totală seismică;

$\sum_{1}^{n} S_k$ - sarcina seismică totală;

m coeficientul condiţiilor de lucru funcţie de direcţia de acţiune a sarcinii seismice (longitudinal, transversal), de tipul planşeului (monolit, prefabricat), de raportul dimensiunilor clădirii (lăţime, lungime);

n numărul de nivele ale clădirii;

t numărul total de diafragme din zidărie pe direcţia de calcul.

Calculul la capacitatea de rezistenţă la compresiune excentrică a zidăriei simple

Determinarea forţei tăietoare capabile pentru diafragme de zidărie se realizează cu relaţia (fig.17.6):

$$T_{cMk} = \frac{M_{ck}}{Z_k} = \frac{Ne_0}{Z_k} = \frac{1{,}25RS_c}{Z_c} \qquad (17.36)$$

în care:

T_{cMk} forţa tăietoare capabilă la compresiune excentrică a diafragmei din zidărie simplă i la nivelul k;

M_{ck} momentul încovoietor maxim al diafragmei respective la nivelul k;

N sarcina verticală maximă aferentă diafragmei la nivelul de calcul;

Z_k distanţa pe verticală de la secţiunea de calcul la punctul de aplicaţie al rezultantei forţelor orizontale care acţionează deasupra nivelului de calcul;

R rezistenţa de calcul la compresiune a zidăriei;

S_c momentul static al secţiunii comprimate(A_c) în raport cu axa care trece prin centrul de greutate al secţiunii, se determină cu relaţia:

$$S_c = A_c e_0 \qquad (17.37)$$

în care: $$A_c = \frac{N}{1{,}25R} \qquad (17.38)$$

e_0 distanţa între punctul de aplicaţie al lui N şi centrul de greutate al ariei comprimate A_c;

Coeficientul de flambaj se consideră egal cu unitatea.

Se admite ca zona întinsă să aibă lungimea maximă jumătate din lungimea diafragmei.

Pentru secţiuni dreptunghiulare ale diafragmei de zidărie, forţa tăietoare capabilă are relaţia:

$$T_{cMk} = \frac{Nl}{2Z_k}\left(1 - \frac{N}{1{,}25Rbl}\right) \le \frac{Nl}{4Z_k} \qquad (17.39)$$

Semnificaţiile datelor din relaţie sunt date în fig.17.6.

În expresiile forţei tăietoare capabile s-a considerat că punctul de aplicaţie al forţei verticale maxime N coincide cu centrul de greutate al secţiunii.

În cazul în care forţa N se aplică excentric fără ca diafragma să fie acţionată de forţe orizontale, forţa tăietoare capabilă se determină cu relaţia:

$$T_{cMk} = \frac{N(e_0 \pm d)}{Z_k} \qquad (17.40)$$

în care:

d distanţa de la punctul de aplicare al forţei N la centrul de greutate al secţiunii.

Momentul static al ariei comprimate(A_c) se determină cu relaţia:

$$S_c = A_c(e_0 \pm d) \qquad (17.41)$$

Calculul la capacitatea portantă la compresiune excentrică a zidăriei întărită cu stâlpişori din beton armat

Determinarea forţei tăietoare capabile pentru diafragme din zidărie se realizează cu relaţia:

$$T_{cMk} = \frac{M_{ck}}{Z_k} = \frac{1}{Z_k}(R_b S_b + RS_z - Ny_N) \qquad (17.41)$$

în care:

T_{cMk} forţa tăietoare capabilă la compresiune excentrică a diafragmei (i) din zidărie întărită cu stâlpişori din beton armat, la nivelul k;

M_{ck} momentul încovoietor maxim capabil al diafragmei respective la nivelul de calcul k;

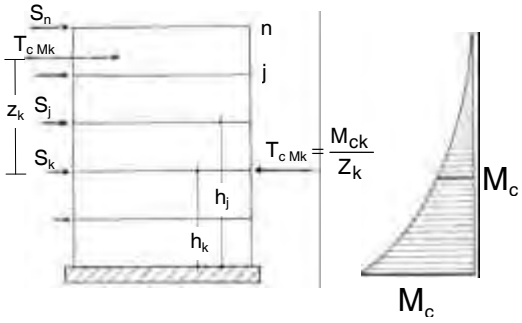
Z_k distanţa pe verticală de la secţiunea de calcul la punctul de aplicaţie al rezultantei forţelor orizontale care acţionează deasupra nivelului de calcul;

R rezistenţa de calcul la compresiune a zidăriei;

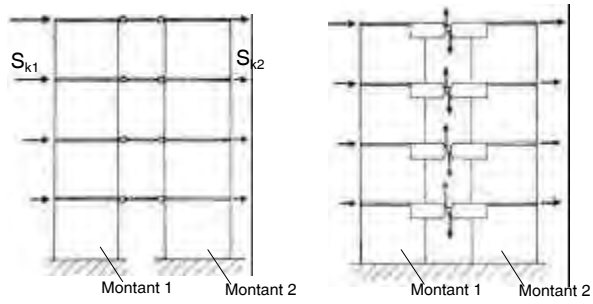
Calculul diafragmelor din zidărie

1.Scheme de calcul pentru diafragme din zidărie

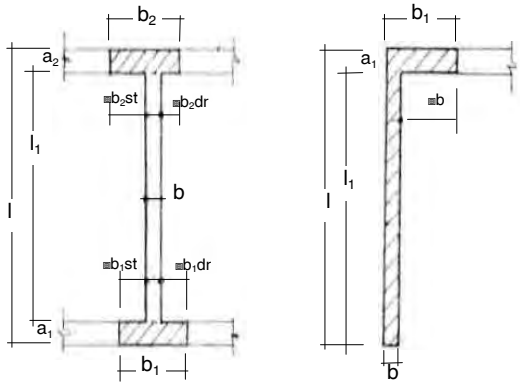
a. Perete plin



b. Pereţi cu goluri



2. Dimensiunile lăţimii tălpilor la secţiunile în formă de I, T, L



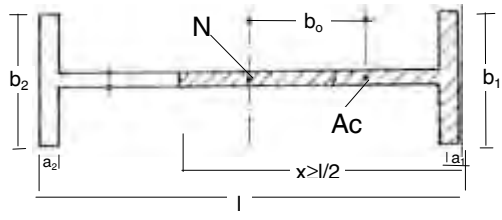
▣b≤distanţa până la primul gol cu $h_{gol} > 0{,}4h_{et}$

$b \le 3a$ $\quad b_1 = b + ▣b_{1,st} + ▣b_{1,dr}$

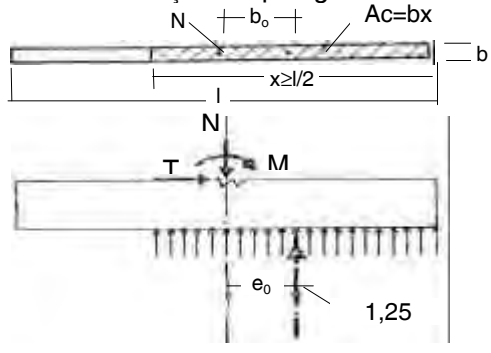
$b_1; b_2 \le \frac{l}{2}$; $\quad b_2 = b + ▣b_{2,st} + ▣b_{2,dr}$

3. Secţiuni de zidărie simplă solicitate la compresiune excentrică

a. Secţiuni I, T,

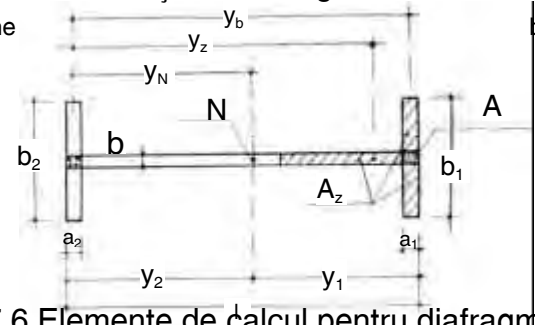


b. Secţiuni dreptunghiulare



4. Secţiuni de diafragme din zidărie întărite cu stâlpişori de beton armat

a.Secţiune I,T,L



b. Secţiune dreptunghiulară

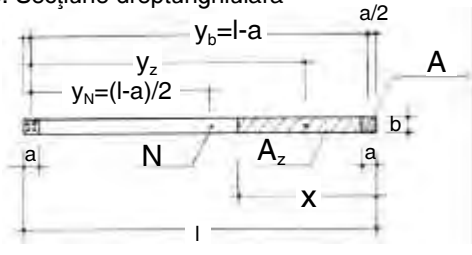


Fig. 17.6 Elemente de calcul pentru diafragme din zidărie solicitate la compresiune excentrică

R_b rezistenţa de calcul la compresiunea betonului;

S_b momentul static al ariei comprimate de beton în raport cu centrul de greutate la armăturii întinse;

S_z momentul static al ariei comprimate al zidăriei în raport cu axa care trece prin centrul de greutate al secţiunii;

N sarcina verticală maximă aferentă diafragmei din zidărie la nivelul de calcul;

Y_N distanţa de la centrul de greutate al armăturii întinse la axul care trece prin punctul de aplicaţie al forţei verticale N.

Calculul lui S_b şi S_z se realizează cu aria comprimată A_c din echilibrul forţelor în proiecţie verticală:

$$A_c=A_z+A_b \qquad (17.42)$$

$$A_a = \frac{N + A_a R_a - A_b R_b}{R} \qquad (17.43)$$

$$S_z=A_z y_z \qquad S_b=A_b y_b \qquad (17.44)$$

Pentru simplificare se vor neglija armăturile din zona comprimată şi nu se va considera în calcul aria stâlpişorilor în porţiunea mijlocie la secţiunile diafragmelor cu stâlpişori marginali. Armătura din zona întinsă se va lua în considerare în calcul indiferent de procentul de armare al secţiunii complexe a diafragmei.

Forţa tăietoare capabilă la compresiune excentrică pentru diafragme din zidărie întărite cu stâlpişori din beton armat se determină cu relaţia:

$$T_{cMk} = \frac{bR}{Z_K}\left[\frac{R_b a}{R}(l-a) + (x-a)\left(l - a - \frac{x}{2}\right)\right] - \frac{N(l-a)}{2Z_k} \qquad (17.45)$$

în care:

$$x = \frac{N + A_a R_a}{bR} - a\left(\frac{R_b}{R} - 1\right) \qquad (17.46)$$

pentru x>a

Semnificaţiile din aceste relaţii sunt date în fig.17.6.

Capitolul
18
PEREŢI DIN BETON ARMAT

18.I. PEREŢI DIN BETON ARMAT MONOLIT

18.I.1. GENERALITĂŢI

Dezvoltarea pe verticală a clădirilor, datorită utilizării raţionale a perimetrului urban, prin reducerea la minimum a suprafeţei construite pe teren, a condus la folosirea elementelor verticale de rezistenţă (pereţi) din beton armat.

Aceste elemente verticale ale structurii de rezistenţă (diafragme) preiau eforturi care depăşesc capacitatea portantă a zidăriei.

Pereţii din beton armat monolit s-au impus la noi în ţară, la clădirile înalte, datorită faptului că tehnologia de execuţie se caracterizează prin productivitate ridicată.

Avantaje

Comparativ cu pereţii tradiţionali din zidărie, diafragmele din beton armat au o serie de avantaje:

- capacitatea portantă la compresiune de 5-10 ori mai mare a betonului decât a zidăriei de cărămidă -ceea ce conduce la realizarea clădirilor până la 20 nivele, faţă de 7 nivele cât se pot construi pe structură de pereţi portanţi din zidărie de cărămidă;
- comportarea bună la sarcini orizontale (cutremur, vânt), având în vedere preluarea în bune condiţiuni a eforturilor de întindere de către betonul armat;
- un consum mai redus de oţel-beton, comparativ cu structurile pe cadre;
- realizarea unei creşteri a productivităţii muncii pe şantiere şi, deci, o reducere a consumului de manoperă şi a duratei de execuţie.

Tipuri de structuri

Modul de distribuţie, în cadrul partiului, a pereţilor din beton armat conduce la

realizarea a două tipuri de structuri: structura de tip fagure şi structura de tip celular.

Structura de tip fagure are pereţii portanţi dispuşi în jurul încăperilor, deci la distanţe scurte (3-4 m).

Pereţii din beton armat, preluând şi sarcinile din panşee, vor transmite încărcările la fundaţii tălpi continue, sau care pot fi şi tălpi încrucişate sau radiere generale.

Din punct de vedere funcţional, această structură se foloseşte la clădiri de locuit, cămine, hoteluri, care au acelaşi partiu la toate nivelele.

Execuţia pereţilor, la acest tip de structură, se realizează cu ajutorul cofrajelor (de acelaşi tip pe toată înălţimea etajului): glisante, metalice spaţiale şi de inventar (refolosibile).

Structura tip fagure are dezavantajul unui partiu rigid, care nu poate fi modificat ulterior.

Structura tip celular are pereţii dispuşi la distanţe mai mari, în jurul apartamentelor. Între diafragmele de beton, pentru completarea structurii de rezistenţă, se dispun cadre.

Sarcinile verticale sunt transmise la fundaţii prin intermediul diafragmelor şi al cadrelor, în timp ce sarcinile orizontale (cutremur, vânt) sunt preluate în cea mai mare parte de diafragme. Sistemul celular se poate folosi şi la clădiri unde se cere o schimbare ulterioară a funcţionalului, în limitele celulei (clădiri de locuit, administrative, spitale).

În cadru acestui sistem, diafragmele sunt folosite mai eficient, comparativ cu sistemul fagure , unde, de obicei, armătura rezultă din considerente constructive şi din prevenirea contracţiei betonului.

18.I.2. ALCĂTUIRE CONSTRUCTIVĂ

În cadrul structurii de rezistenţă, pereţii din beton armat monolit (diafragme) se dispun, în planul clădirii, după direcţia longitudinală, transversală (sau cu diafragme cu nucleul central).

Pereţii din beton monolit se vor poza simetric faţă de axele clădirii şi vor avea momente de inerţie ce vor diferi cât mai puţin.

La dimensiuni diferite ale diafragmelor, sunt repartizate sarcini orizontale diferite, ceea ce conduce la o solicitare diferenţiată a fundaţiilor.

Această dispunere echilibrată se face astfel încât centrul de greutate al clădirii să corespundă cu centrul de rigiditate, pentru a evita apariţia, în zonele seismice, a torsiunilor în structura de rezistenţă.

Diafragmele se pot realiza în diverse forme: diafragme pline, cu goluri, rezemate pe stâlpi.

Grosimea minimă a pereţilor interiori este de 15 cm din considerente de izolare fonică.

Pereţii exteriori din beton armat monolit se realizează din trei straturi cu funcţii diferite strat de rezistenţă (8-15 cm), strat de izolare termică şi strat de protecţia izolaţiei (5 cm).

Stratul de izolare termică se dimensionează funcţie de necesităţile funcţionale ale clădirii, zona climatică de amplasare a clădirii şi economia de energie a combustibilului consumat pentru încălzire în perioada de exploatare a clădirii.

Menţinerea poziţiei corecte a stratului de izolaţie termică în timpul turnării betonului se realizează cu dispozitive speciale fixate în cofraj.

În zonele susceptibile formării punţilor termice, la intersecţia pereţilor exteriori ce cei interiori, cu planşeele, cât şi la colţuri, termoizolaţia se va realiza astfel ca să micşoreze substanţial fluxul termic.

În cadrul pereţilor exteriori, se va prevedea o barieră contra vaporilor, pe suprafaţa interioară a termoizolaţiei, în scopul îmbunătăţiriii comportării pereţilor la difuzia vaporilor. Bariera opreşte pătrunderea vaporilor de apă în termoizolaţie şi posibilitatea de condensare a acestora. Apa, cu conductivitate termică mai mare de 25 de ori decât aerul l-ar înlocui pe acesta din pori.

Pereţii interiori, care spre exteriorul construcţiei nu se leagă de alţi pereţi, pentru montarea uşoară a armăturii verticale sunt prevăzuţi cu îngroşări, care măresc stabilitatea şi preiau eforturile suplimentare ce se concentrează în aceste zone. Capetele libere ale diafragmelor, la exterior, se leagă între ele cu grinzi ce au rol de buiandrug, pentru montarea ferestrelor fiind încărcaţi cu sarcini din pereţi neportanţi exteriori.

Numărul şi poziţia golurilor pentru uşi se stabilesc din condiţii funcţionale, dar şi funcţie de necesităţile structurale ale diafragmei.

La construcţiile multietajate cu diafragme, unde la parter sau subsol condiţiile de exploatare necesită spaţii funcţionale flexibile (spaţii comerciale) sarcinile orizontale sunt transmise la stâlpii parterului sau ai subsolului (care au o solicitare sporită, datorită rigidităţii mari a părţii superioare a clădirii), prin intermediul unor grinzi-pereţi. Datorită schimbării traseului eforturilor această soluţie conduce la o armare sporită a diafragmelor.

Armarea pereţilor. Armătura din diafragme rezultă, în general, funcţie de eforturile la care sunt solicitate.

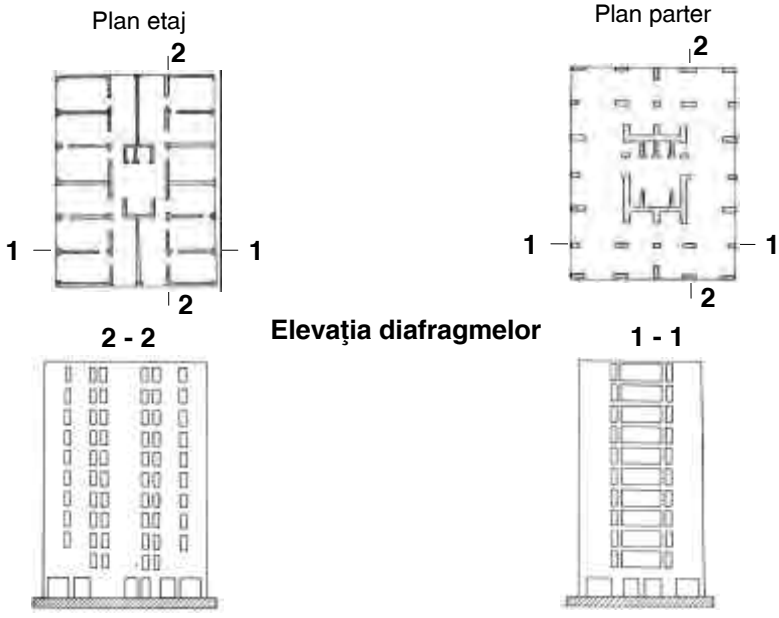
Pereţii din beton armat monolit se armează cu două plase din bare de oţel-beton. Cele două plase se leagă între ele cu agrafe metalice.

Înnădirea plaselor, atât pe direcţia barelor orizontale, cât şi a celor verticale, se realizează prin suprapunere. Ancorarea plaselor sudate din diafragme se realizează la intersecţii, la bordarea golurilor, prin prelungirea barelor orizontale pe o lungime de 60 d.

Dacă nu rezultă armătură de calcul, se va realiza o armare constructivă, alcătuită din plase continue pe primele două etaje şi pe ultimul.

Structuri din pereţi de beton armat monolit

Dispoziţia în plan a diafragmelor



Detalii de îmbinare la pereţi exteriori din beton armat monolit

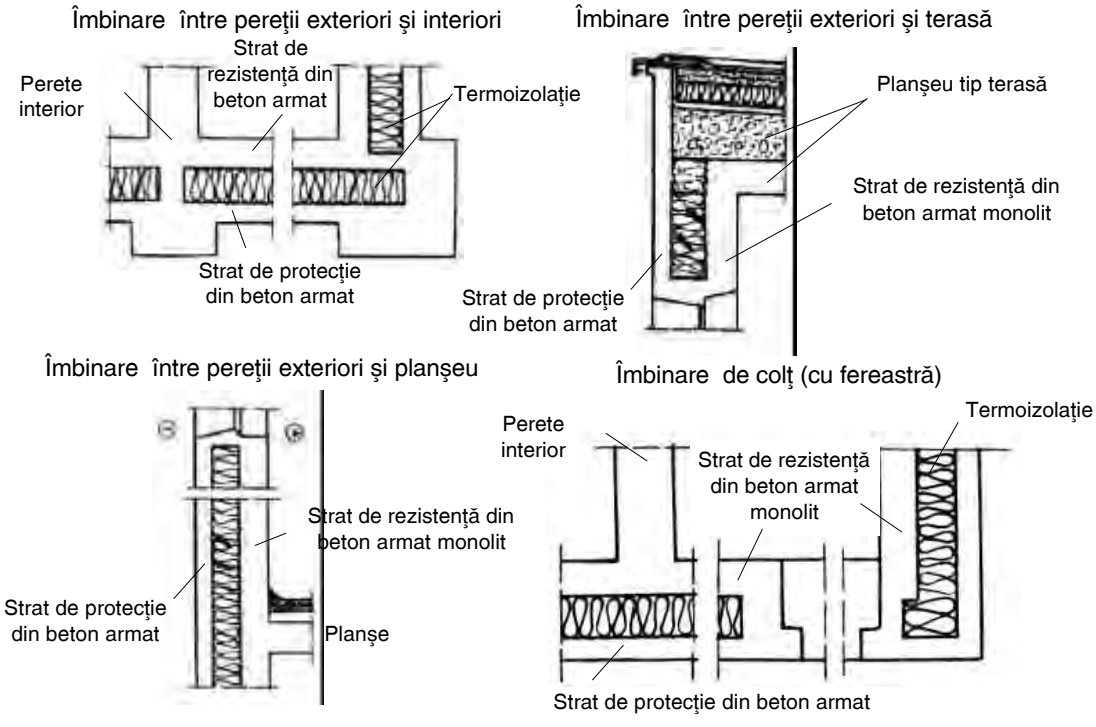
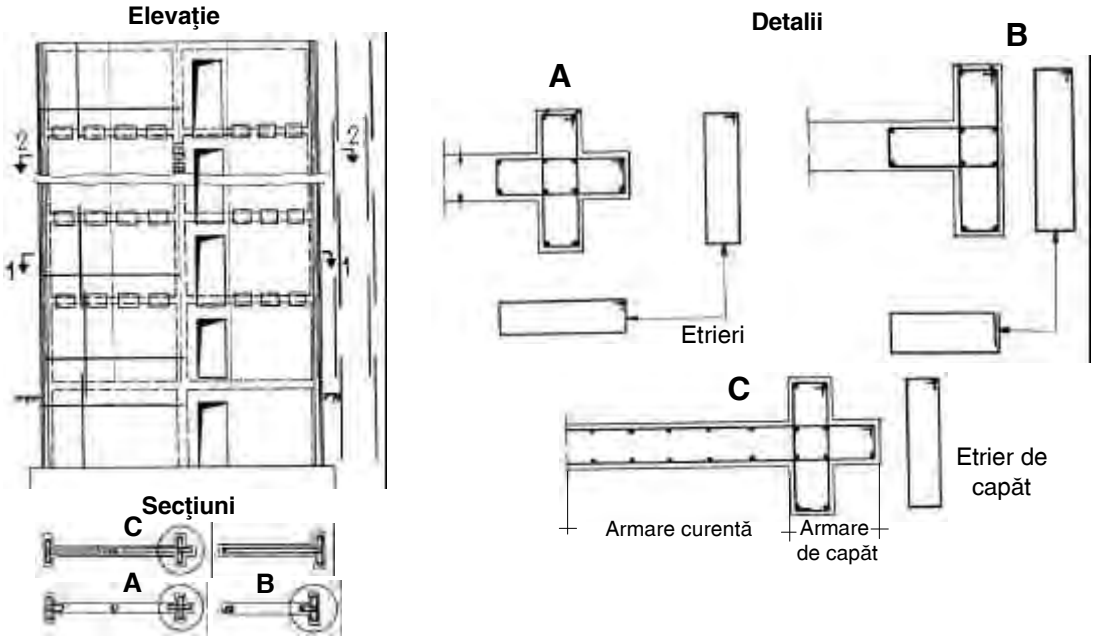
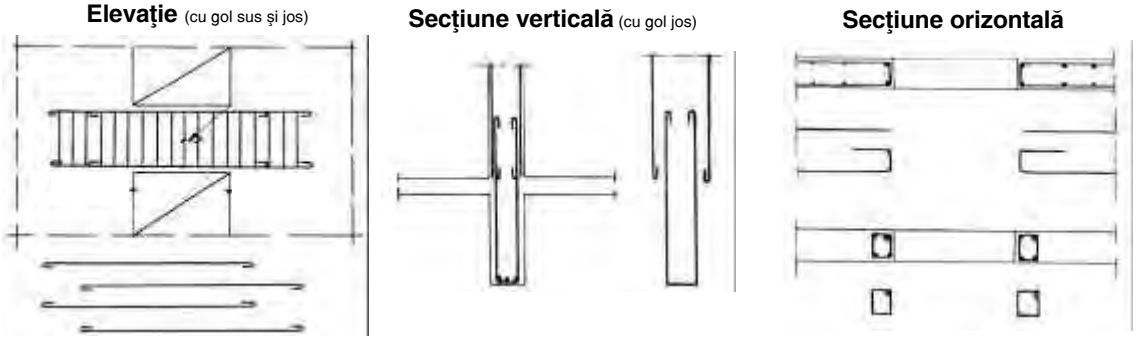


Fig. 18.I.1 Clădiri cu structuri din pereţi de beton armat monolit. Plan parter. Elevaţie diafragme. Detalii îmbinări.

Armarea pereţilor din beton armat monolit



Armarea pereţilor din beton armat în zona golurilor



Armarea pereţilor exteriori din beton amat

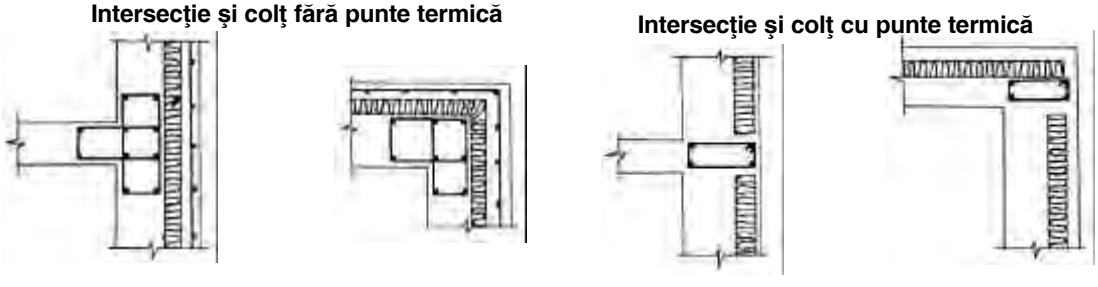


Fig. 18.I.2 Armarea pereţilor din beton armat monolit. Elevaţie. Secţiuni. Detalii

La restul nivelelor, armătura se amplasează în diafragme: la extremităţi, la intersecţii, la bordarea golurillor şi a tijelor de glisare.

18.I.3.TEHNOLOGIE DE EXECUŢIE

Din principale capitole de lucrări, din totalul manoperei, pentru un metru cub de beton monolit, cofrarea consumă 40 %. Din această cauză alegerea procedeelor de cofrare, imprimarea formei corespunzătoare necesităţilor funcţionale şi constructive ale clădirii constituie una dintre problemele principale ale tehnologiei de execuţie a diafragmelor.

Pereţii din beton armat monolit se execută cu: cofraje de inventar; cofraje metalice plane şi spaţiale (fig. 18.I.2).

Cofrajele de inventar trebuie să aibă un caracter flexibil în utilizare, adaptându-şi caracteristicile geometrice la condiţiile efective ale lucrării de executat, folosind calitatea panoului de a se putea demonta uşor şi apoi recompune pe modelul altui perete.

Eficienţa economică a cofrajului de inventar este asigurată de posibilitatea utilizării lui de un număr de ori cât mai mare. În acest sens este obligatoriu stabilirea unor reguli de dimensionare a pereţilor din beton monolit, într-o serie modulară unică. Folosind un modul de bază unic, se va obţine o concordanţă între dimensiunile suprafeţele de cofraj şi cofrajele de inventar.

Obţinerea unor toleranţe admisibile ale elementelor de beton este determinată de execuţia unor panouri de cofraj, cu dimensiuni bine determinate. Toleranţele apărute la panourile de cofraj, cât şi din trasare la execuţie se pot prelua prin zonele de completare de cofrare locală.

Cofraje metalice plane şi spaţiale. Avantajele acestei tehnologii sunt:

- reducerea consumului de material lemnos; reducerea consumului de manoperă;
- turnarea de pereţi din beton cu suprafeţe plane netede, care nu mai necesită tencuieli.

Cofrajele metalice plane sunt alcătuite dintr-o suprafaţă cofrantă dintr-un element sau mai multe elemente modulate.

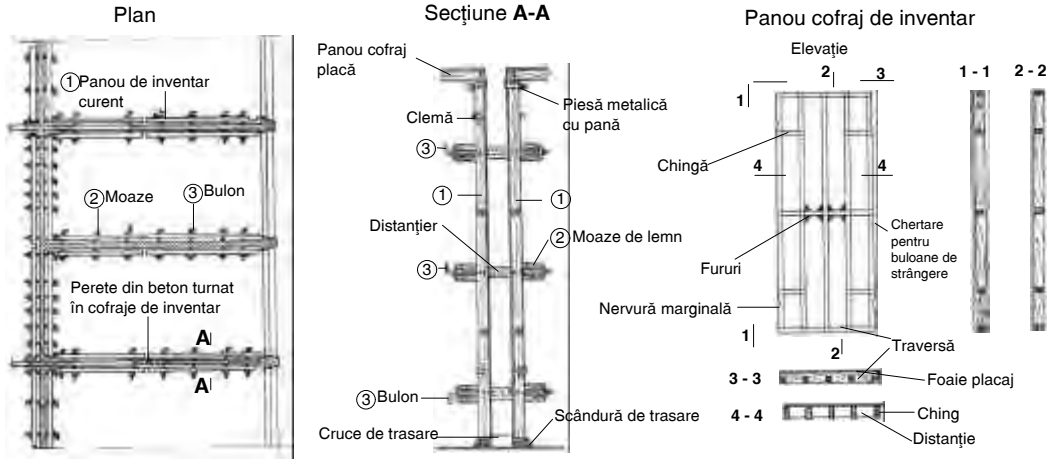
Această faţă cofrantă este prevăzută cu o instalaţie de încălzire pentru tratare termică a betonului. Menţinerea planeităţii acestei feţe, la manipulare, transport, montaj şi împingerea betonului proaspăt se realizeză cu un schelet de rigidizare. Strângerea a două cofraje, montate pe feţele opuse ale peretelui de beton, se realizează cu pane sau şuruburi.

La îmbinarea panourilor metalice, mai există elemente speciale, demontabile, aşezate în prelungire (sau în unghi). Tot în setul cofrajelor metalice există elemente demontabile pentru supraînălţarea cofrajelor, în cazul execuţiei unor pereţi cu înălţime mai mare.

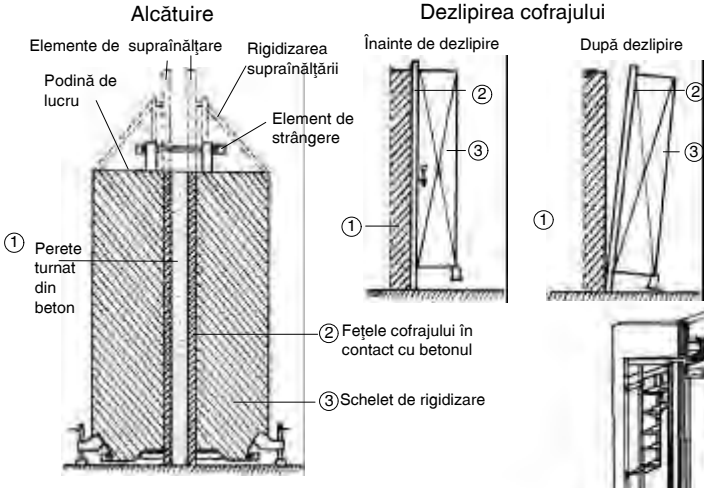
Operaţia de desprindere a cofrajelor de suprafaţa de beton se face prin

Tehnologie de execuţie a pereţilor din beton armat monolit

Cofraje de inventar



Cofraj metalic plan



Cofraj metalic spaţial

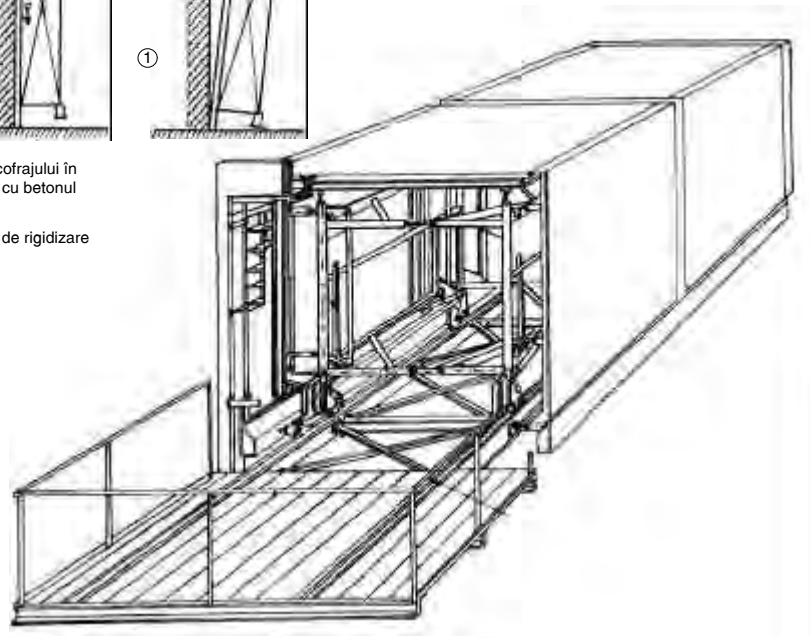


Fig. 18.I.3 Pereţi din beton armat monolit (diafragme) Tehnologii de execuţie (variante).

dezlipire în pană , datorită greutăţii mari a cofrajului la desfacerea legăturilor între panourile montate faţă în faţă.

Ridicarea panoului de cofraj (după decofrare) se va face cu ajutorul macaralei.

Dimensionarea cofrajelor metalice se face la presiunea betonului proaspăt, la care se adaugă greutatea proprie, astfel ca săgeata maximă să fie mai mică de 1/500 din lungimea dintre elementele de strângere.

Cofrajele metalice spaţiale, de dimensiunea unei camere, folosesc o linie tehnologică mobilă.

După turnarea şi întărirea betonului, se decofrează, iar cutiile metalice sunt extrase pe părţile laterale şi transportate la etajul următor.

În poziţia fiecărei camere se montează cofrajele laterale pentru pereţi pe o înălţime de 20 cm, cale de rulare şi pasarela de scoatere în exterior a cofrajului metalic. În continuare, se montează cofrajele spaţiale compuse dintr-un cărucior rulant pe care se află panourile mari de cofraj. Pereţii laterali se cofrează prin acţiunea pârghiilor, iar pozarea pe verticală a întregului cofraj spaţial se realizează cu ajutorul unor dispozitive cu manivelă.

Dispunerea în şah a cofrajelor spaţiale metalice permite montarea armăturii.

După decofrare (care se execută manual), cofrajele spaţiale se scot din camere prin rulare pe pasarele exterioare.

Execuţia planşeelor la structuri cu diafragme.

Planşeele clădirilor cu structura de rezistenţă alcătuită din diafragme de beton armat se realizează din beton armat monolit sau din panouri mari, prefabricate.

Rezemarea planşeelor se realizează în golurile lăsate în diafragme şi pe buiandrugi (fig. 18.I.3). La planşeul monolit, cu placa armată în două direcţii, continuitatea pe reazem se realizează prin introducerea, în goluri, la partea superioară, a unor bare din oţel-beton.

Panouri mari prefabricate au cele două dimensiuni mai mici decât deschiderile între diafragme, pentru a facilita introducerea prefabricatului la poziţia din proiect. Panourile prefabricate au armătura sub formă de bucle, dispusă în mod uniform pe întreg perimetrul.

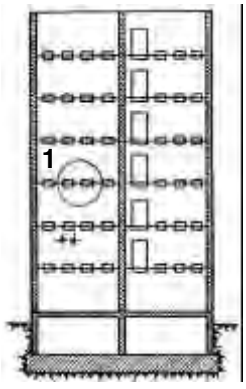
Rezemarea se face în golurile lăsate în diafragme, în care se introduc bare din oţel-beton sub formă de etrieri. Prin intermediul golurile se realizează continuitatea planşeelor la acţiunea sarcinilor verticale şi orizontale.

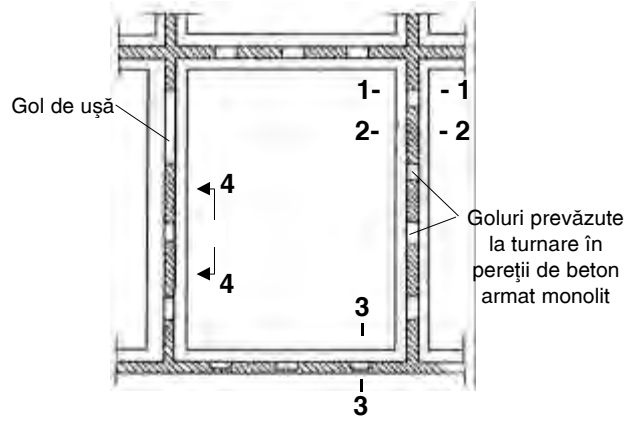
Pe porţiunea de legătură între panourile prefabricate şi pereţii din beton se realizează centuri monolite pe contur; betonul din aceste centuri este cofrat cu elemente de inventar fixate în diafragme, iar armătura este alcătuită din bare longitudinale aşezate pe contur, legate cu mustăţile-buclă din panouri, având rol de etrieri.

Planşee la structuri cu pereţi din beton armat monolit

Poziţionarea golurilor pentru prinderea planşeelor prefabricate

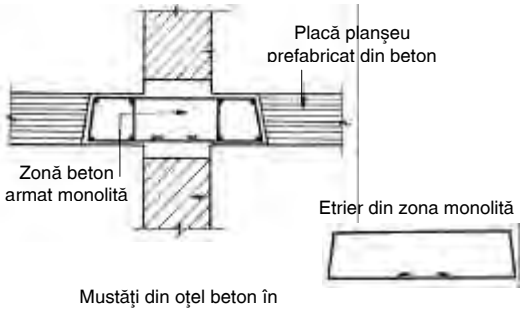
Poziţionarea în plan a golurilor



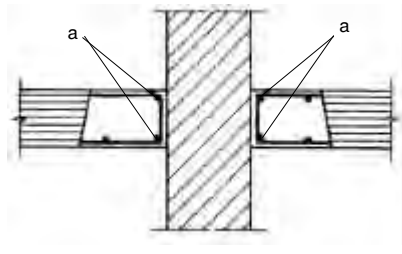


Detaliu **1**

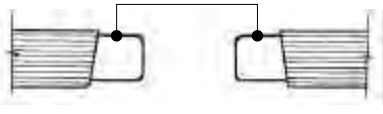
1 - 1



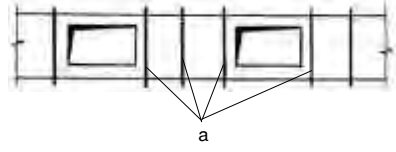
2 - 2



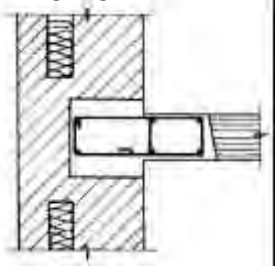
Mustăţi din oţel beton în plăcile prefabricate



4 - 4



3 - 3



Mustaţă din oţel beton în plăcile prefabricate

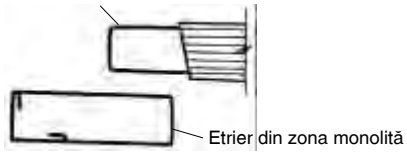


Fig. 18.I.4 Planşee prefabricate la structuri din pereţi de beton armat monolit

18.I.4. ELEMENTE GENERALE DE CALCUL

La clădirile cu pereţi din beton armat monolit (diafragme), comportarea mecanică depinde de concepţia şi buna conlucrare spaţială a structurii de rezistenţă (pereţi portanţi şi planşee). În această conlucrare o importanţă deosebită o are rigiditatea planşeului în planul lui.

Pereţii din beton armat monolit (diafragme) se încarcă cu sarcinile orizontale transmise în dreptul planşeelor, la care se adaugă încărcările verticale permanente din greutatea proprie a peretelui şi a planşeului aferent.

Structurile cu pereţi portanţi din beton armat monolit, cu înălţime de până la P+10 niveluri (tip fagure sau celular), au o frecvenţă mai mare de utilizare la clădirile civile. Aceste structuri se pretează la utilizarea metodelor simplificate de calcul, care se referă la distribuţia încărcărilor orizontale pe înălţimea clădirii, repartizarea pe diafragme şi determinarea eforturilor secţionale.

Ipotezele care stau la baza acestor metode simplificate sunt: distribuţia uniformă pe înălţime a acţiunii din vânt, triunghiulară în cazul acţiunii seismice; iar deformatele diafragmelor pline sau cu goluri se admite să fie egale. Aceasta a doua ipoteză conduce la o repartizare a forţelor orizontale la pereţii portanţi din condiţia de egalitate a săgeţilor la un singur nivel.

Pentru corelarea cu diferenţele care există în realitate între formele deformatelor diafragmelor pline sau cu goluri se indică ca, condiţia de egalitate a săgeţilor să fie la 0,8H (H - înălţimea totală a diafragmei), la această înălţime diferenţa între deformatele diafragmelor pline şi cu goluri este minimă .

Determinarea încărcărilor orizontale dinamice (seism sau rafale de vânt) se consideră numai în modul fundamental de vibraţie.

Încărcarea orizontală ce revine unei diafragme, din forţa totală orizontală ce acţionează asupra clădirii, este proporţională cu momentul de inerţie al peretelui din beton.

În calculul structurilor din pereţi portanţi din beton armat monolit ,la încărcări orizontale se consideră diafragma ca o consolă verticală încastrată în fundaţie. Eforturile se determină în această secţiune care este cea mai solicitată a diafragmei. Forţele orizontale vor produce în încastrare, momentele (M) şi forţele tăietoare (T), iar încărcările permanente forţele axiale (N).

Calculul structurilor cu diafragme din beton armat la acţiunea încărcărilor orizontale şi verticale va cuprinde:

- descompunerea structurii de rezistenţă a clădirii în diafragme plane transversale şi longitudinale, considerându-se că au secţiune constantă pe toată înălţimea.;
- stabilirea caracteristicilor geometrice şi de rigiditate;

- determinarea încărcării orizontale totale şi repartizarea pe diafragmele componente;
- determinarea şi însumarea eforturilor secţionale din acţiunile orizontale şi vetricale;
- dimensionarea şi armarea diafragmelor la compresiune excentrică şi a buiandrugilor în cazul diafragmelor cu goluri.

Diafragmele pot fi: pline sau cu goluri.

Pereţii din beton armat monolit pot fi cu goluri mici, mijlocii sau mari. Această clasificare este în funcţie de coeficientul de monolitism α, care în cazul diafragmelor cu goluri mici - $\alpha>10$, la cele cu goluir mijlocii - $1<\alpha<10$ şi cu goluri mari cu - $\alpha<1$.

Coeficientul de monolitism exprimă rigiditatea convenţională a pereţilor din beton armat cu goluri şi este dat de relaţia:

$$\alpha=H\omega \quad (18.1)$$

în care:

H - înălţimea diafragmei;

ω - coeficient influenţat de modulul de elasticitate a betonului din buiandrugi, din montanţi; de înălţimea unui nivel şi de momentele de inerţie a montanţilor. Deci coeficientul de monolitism este funcţie de caracteristicele geometrice, fizice, mecanice ale elementelor (montanţi şi buiandrugi) componente ale pereţilor din beton armat monolit, de geometria diafragmelor şi golurilor dar şi de rigiditatea elemetelor componente.

Golurile din diafragme prin amplasamentul, mărimea lor raportată la cea a montanţilor şi a buiandrugilor va influenţa starea de tensiune din aceste elemente.

Deformarea diafragmelor pline sau cu goluri sub acţiunea forţelor orizontale este indicată în fig.18.

Calculul diafragmelor cu goluri mici ($\alpha>10$) se realizează la fel ca şi la diafragmele pline, având suplimentar o verificare a buiandrugilor la eforturile de lunecare care apar între cele două goluri consecutive.

Forţa tăietoare ce apare în buiandrug la nivelul j se determină cu relaţia:

$$T_{rj} = \frac{T_j S H_e}{I} \quad (18.2)$$

în care:

T_j- forţa tăietoare exterioară la nivelul buiandrugului;

H_e - înălţimea unui nivel;

S - momentul static al secţiunii (ce tinde să lunece) în raport cu centrul de greutate al peretelui din beton armat monolit;

I - momentul de inerţie al diafragmei cu gol, în raport cu axa ce trece prin centrul de greutate al secţiunii transversale.

Momentul încovoietor din secţiunea de încastrare a buiandrugului se determină cu relaţia:

$$M_{rj} = \frac{T_{rj} \cdot l_0}{2} \quad (18.3)$$

în care:

T_{rj} - forţa tăietoare din buiandrug la nivelul j;

l_0 - lăţimea golului.

Calculul diafragmelor cu goluri mari (α<1) se realizează în ipoteza că montanţii lucrează independent, buiandrugii asigurând o deplasare egală datorită acţiunilor orizontale. Datorită rigidităţii reduse, buiandrugii fisurează în dreptul legăturii cu montanţii, devenind nişte legături pendulare. Se admite ipoteza că buiandrugii menţin la aceleaşi distanţe montanţii verticali, în calculul deplasărilor şi eforturilor diafragmei.

Diafragma cu goluri mari lucrează ca o consolă compusă din suma secţiunilor transversale ale montanţilor, iar momentul de inerţie al diafragmei este suma momentelor de inerţie ale montanţilor. Fiecare montant se calculează ca o diafragmă plină, acţionată de încărcările aferente. Deci încărcările care acţionează diafragma se repartizează la montanţi proporţional cu momentele lor de inerţie.

Calculul diafragmelor cu goluri mijlocii (1<α<10), la care starea de tensiune este mai complexă, va fi influenţat de comportarea intermediară între diafragmele pline şi cadre.

Metodele folosite pentru calculul cadrelor nu pot fi utilizate decât în mod izolat şi numai după o adaptare corespunzătoare.

Pereţii din beton armat monolit cu goluri mijlocii pot fi structuri cu diafragme monotone la care se utilizează metode simplificatoare de calcul.

Diafragmele monotone nu au variaţii mari de rigiditate de la un nivel la altul. Aceste diafragme au aceeaşi dispoziţie de goluri la toate nivelurile. Diafragmele monotone se întâlnesc la: clădiri de locuit, hoteluri, clădiri administrative. Metodele simplificatoare de calcul pentru stabilirea eforturilor secţionale conduc la rezultate satisfăcătoare din punct de vedere al preciziei.

Metodele simplificate de calcul sunt: metoda cadrului înlocuitor sau cea a structurii continue echivalente.

Metoda cadrului înlocuitor este indicată la clădiri cu mai puţin de 7 niveluri. Ipotezele de calcul la această metodă sunt: montanţii se consideră cu o lăţime mare în comparaţie cu înălţimea etajului, caz in care eforturile transmise de buiandrug pot fi considerate ca repartizate în lungul axului median al acestora; momentele de inerţie ale buiandrugilor sunt mai mici decât cele ale montanţilor; iar planşeele sunt nedeformabile în planul lor, asigurând deplasări egale diafragmelor care alcătuiesc structura de rezistenţă.

Diafragmele cu goluri sunt alcătuite din elemente verticale pline (montanţi) şi elemente orizontale de legătură (buiandrugi). Solicitările din diafragmele cu goluri sunt puternic influenţate de raportul dintre rigiditatea buiandrugilor şi cea a montanţilor.

In metoda cadrelor, la diafragmele monotone cu un sir de goluri simetrice, schema de calcul a diafragmei o constituie un cadru etajat, având stâlpii cu moment de inertie constant iar

riglele cu momentul de inertie constant pe portiunea centrala, iar pe cele laterale este infinit.

Calculul static se face pe semicadrul limitat de axa de simetrie. Calculul se realizează prin metoda distorsiunilor, care utilizeaza un sistem de bază, în care se considera că numai rotirile nodurilor sunt blocate, iar deplasările laterale ale acestora sunt libere.

In cadrul acestei metode se vor determina momentele de încastrare perfecta în sistemul de baza la capetele montanţilor, din condiţiile de echilibru a forţelor orizontale la fiecare etaj.

In continuare se deblocheaza perechea de noduri de la nivelul j, menţinând blocate celelalte noduri, care se vor roti rezultând astfel diagrama de momente corespunzătoare.

In final, momentele totale la capetele barelor se obtin prin suprapunerea momentelor de incastrare perfecta si a celor introduse prin distorsiune.

La diafragmele cu goluri eforturile axiale în montanţi provenite din încarcarile orizontale sunt direct proporţionale cu zvelteţea diafragmei. Deci cu cât braţul de pârghie între axele montanţilor este mai mic (L) în raport cu înalţimea diafragmei (H). La diafragmele cu lungimi mari in plan, eforturile axiale in montanti date de incărcările orizonatle sunt reduse.

Metoda structurii continue echivalente se aplică la diafragme cu peste 6 niveluri , pentru a micsora erorile de calcul.

Ipotezele in cazul acestei metode sunt:

- eforturile locale transmise de buiandrugi se considera repartizate în lungul fibrei mijlocii a montanţilor;
- fibrele medii deformate ale elementelor verticale sunt paralele datorita deplasarilor egale la nivelul fiecarui etaj;
- momentele de inertie a buiandrugilor sunt mai mici decât cele ale montanţilor.

Se considera aproximatia că momentele incovoietoare din mijlocul buiandrugilor sunt nule.

Principiul acestei metode consta in aceea ca in locul structurii reale cu legaturi orizontale dispuse la intervalele inaltimii unui etaj , in calcul se considera o structura echivalenta cu legaturi fictive continue dispuse la un interval infinit mic.

In locul sistemului de ecuaţii liniare de etaj, care intervin in calculul din metoda calculului cadrului înlocuitor, în această metodă se ajunge la o singură ecuaţie liniară diferenţială cu coeficienţi constanţi. Ecuaţia diferenţială poate fi dedusă de la sistemul de ecuaţii obţinut în metoda cadrelor pe cale inversă.

Se va obţine valoarea forţei tăietoare la etajul curent j situat la înălţimea x de la baza diafragmei:

$$T_j = \frac{F \cdot H_e}{\gamma \cdot L} \cdot \Phi$$

În care:

F - rezultanta încărcării orizontale exterioare;

Pereţi din beton armat monolit (diafragme). Scheme de calcul

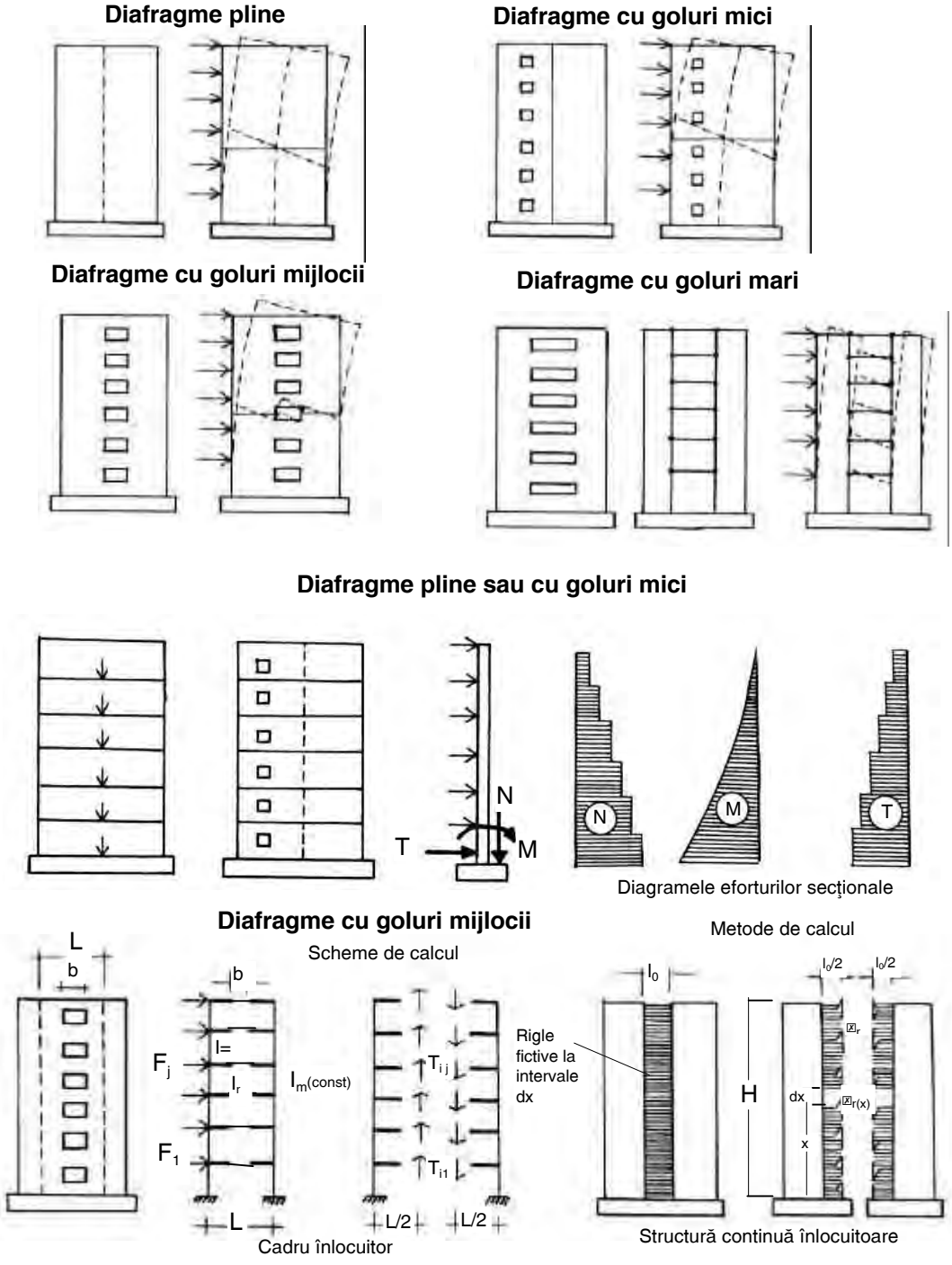


Fig. 18.I.5 Pereţi din betom armat monolit (diafragme). Scheme de calcul. Diagrame de eforturi

H_e - înălţimea etajului;

l - coeficient ce depinde de aria, momentul de inerţie a montanţilor şi distanţa între axele centrelor de greutate ale acestora;

► - coeficient ce depinde de ✻, coeficient de monolitism şi ▬ ce depinde de distribuţia încărcării pe diafragmă.

Momentul încovoitor în secţiunea de încastrare a riglelor în montanţi are expresia:

$$M_j = \frac{F_j \cdot H_e}{2 \cdot \gamma} \cdot \Phi$$

Momentele încovoitoare din montanţii unei diafragme simetrice (cu doi montanţi) se calculează pentru o consolă încastrată încărcată cu forţe orizontale exterioare.

$$M_{mj} = \frac{F \cdot H}{2} \cdot \left(m_0 - \frac{\Psi}{\gamma} \right)$$

În care:

m_0 - coeficient ce depinde de ▬=x/H;

... - coeficient subunitar ce se determină în funcţie de coeficientul de monolitism ✻ şi ▬;

H - înălţimea montantului diafragmei;

F - forţa orizontală (vânt sau seism).

18.II. PEREŢI DIN BETON ARMAT PREFABRICAT

18.II.1. GENERALITĂŢI

Prin prefabricarea unor părţi mari din procesele de producţie de pe şantier se realizează o reducere substanţială a duratei de execuţie şi a consumului de manoperă la locul de montaj.

Prefabricarea elementelor de beton armat este influenţată de următorii factori:

- limitarea fabricaţiei la elemente de mare frecvenţă, stabile în timp, cu aplicabilitate;
- folosirea coordonării modulare prin alegerea unui singur modul;
- unificarea elementelor prefabricate şi a îmbinărilor;
- folosirea betoanelor cu agregate uşoare;
- integrarea în structură a lucrărilor de finisaj;
- reducerea abaterilor de montaj pe şantier, prin aplicarea montajului forţat.

Pereţi din panouri mari

Folosirea pereţilor din panouri mari la clădiri, comparativ cu utilizarea pereţilor executaţi cu ajutorul procedeelor tradiţionale, prezintă următoarele avantaje: reducerea duratei de execuţie, consumului de materiale, manoperă, şi a costului investiţiei.

Clădirile cu pereţi din panouri mari au structură de rezistenţă alcătuită din diafragme orizontale (planşee) şi verticale (pereţi) care formează un

ansamblu spaţial. În acest caz, toate panourile sunt portante. La clădirile din panouri mari se realizează îmbinări continue, iar structura de rezistenţă este fragmentată prin rosturi de dilatare şi antiseismice.

Clădirile din panouri mari pot fi alcătuite cu pereţii portanţi transversali, pereţi portanţi longitudinali sau pereţi portanţi longitudinali şi transversali (fig.18.II.1).

În cadrul structurii de rezistenţă a clădirii, panourile mari pot fi:

- portante - suportă încărcarea dată de planşeu şi cea transmisă de panourile superioare;
- autoportante - suportă numai greutatea proprie;
- neportante - susţinute de planşee.

Alegerea soluţiei pereţilor exteriori din panouri mari este condiţionată: de modul de comportare faţă de condiţiile climatice exterioare, de condiţiile de exploatare a clădirii, de considerente constructive, tehnologice, economice sau estetice.

Dimensiunile la panourile mari se stabilesc în aşa fel, încât să rezulte un număr minim de rosturi de îmbinare dar şi funcţie de utilajele de ridicare. Panourile mari prefabricate având greutatea sub 1500 kg/bucată sunt considerate uşoare, iar cele având 3000 kg/bucată sunt socotite panouri grele (fig. 18.II.1).

Pentru perfecţionarea sistemului la clădirile din panouri mari este necesar:

- mărirea deschiderilor între pereţi (de la 3-4 m la 6,0-7,2 m), pentru ca structura să se adapteze la un număr mare de partituri; folosirea, pentru pereţii despărţitori, faţade, scări, ventilaţii, a unor elemente prefabricate din diferite materiale eficiente (pe baza unei coordonări modulare unice). Aceste combinări vor conduce la o mare varietate arhitecturală atât ca funcţional, cât şi ca aspect precum şi la reducerea greutăţii clădirii;
- elementele structurale din panouril mari vor rămâne în număr limitat ca tipuri;

Panourile mari prefabricate pot fi alcătuite:

- în sistem clasic, tip sandviş, alcătuit din două straturi de beton şi un strat de izolaţie;
- din beton omogen, cu agragate uşoare .

Alcătuirea panourilor

Panoul sandviş este alcătuit din (fig. 18.II.6, fig. 18.II.7):

- stratul interior de rezistenţă, din beton armat;
- stratul termoizolator;
- stratul de protecţie din beton armat.

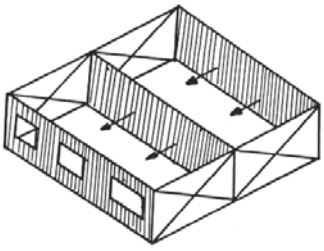
Stratul termoizolator se poate executa din materiale clasice (plăci semirigide de vată minerală, pâslă minerală) sau rigide (plăci din polistiren expandat celular, plăci din beton celular autoclavizat). Pe faţa interioară se prevede o barieră contra vaporilor, din carton bitumat sau folii de polietilenă, pentru materialele termoizolante elastice.

- Termoizolaţia la panouri mari se poate realiza sub formă de plăci -

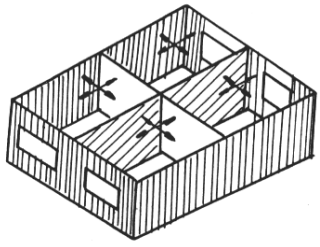
Pereţi eficienţi din panouri mari din beton armat

A. **Distribuţia pereţilor portanţi din panouri mari**

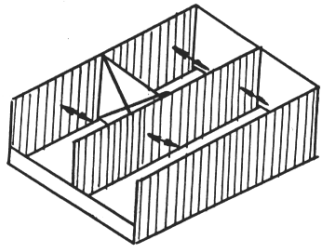
Pereţi longitudinali



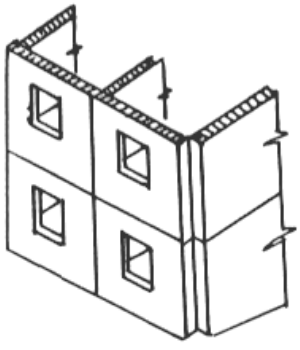
Pereţi longitudinali şi transversali



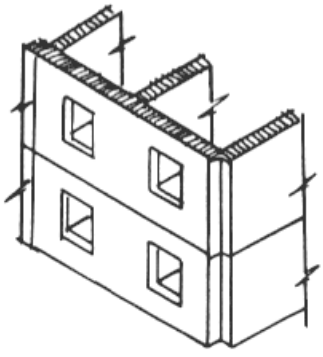
Pereţi transversali



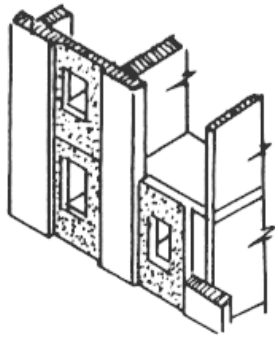
B. **Scheme de distribuţie a panourilor mari exterioare**



Panou de dimensiunea unui perete



Panou acoperind, pe orizontală 2 pereţi exteriori



Panou acoperind, pe verticală 2 pereţi exteriori

Mărimea panourilor este influenţată de greutatea proprie, gabaritul mijloacelor de transport şi capacitatea utilajelor de ridicat

Fig. 18.II.5 Scheme constructive la clădiri cu panouri mari:
A - pereţi din panouri mari
B - variante de mărime şi distribuţie a panourilor mari exterioare

materiale rigide sau saltele prefabricate -, materiale elastice, ambalate în folii de polietilenă sau cartonul bitumat.

Stratul de rezistenţă este prevăzut, pe contur, cu nişe pentru crearea unor pane, după turnarea betonului de monolitizare.

Pentru asigurarea legăturii între cele două straturi de beton armat, se prevăd nervuri (2-3 cm), care sunt dispuse pe conturul panoului, în jurul golurilor şi intermediar. Pentru micsorarea punţilor termice, aceste legaturi se pot realiza din oţel-beton protejat cu cilindri din beton sau din oţel inoxidabil.

În panou se prevăd instalaţii şi dibluri pentru fixarea tâmplăriei.

Armarea de rezistenţă a panoului se realizează cu carcase plane în dreptul nervurilor, iar deasupra golului, panoul se armează ca un buiandrug. Pe conturul panoului se prevăd mustăţi din oţel-beton, care se îmbină cu cele din panoul alăturat prin eclise sudate.

Panourile pereţilor interiori sunt alcătuite dintr-un singur strat de beton, având funcţiunea de rezistenţă şi de izolator fonic împotriva zgomotului aerian (grosime minimă - 14 cm).

18.II.2. ÎMBINAREA PANOURILOR

Îmbinarea de rezistenţă. De proiectarea şi execuţia îmbinării de rezistenţă depinde comportarea, sub sarcini verticale şi orizontale, a clădirii alcătuite din panouri mari. Îmbinările pot fi: umede - realizate prin monolitizare cu beton sau uscate - realizate prin sudare cu eclise de metal.

Îmbinările umede sunt:

- îmbinări pe contur (fig. 18.II.8);
- îmbinări în noduri (fig. 18.II.9).

Îmbinarea pe contur a panourilor mari este mai des folosită datorită productivităţii sporite şi a toleranţelor mari pe care le admite. Transmiterea eforturilor de compresiune se realizează prin monolitizarea cu beton, iar eforturile de întindere de transmit prin intermediul armăturii îmbinate prin sudură.

Îmbinarea de rezistenţă se efectuează, la panourile exterioare, între straturile de rezistenţă din beton, scop în care se retrag cu 10 cm de la nod.

În afară de armăturile (mustăţi) din panouri care se îmbină prin sudură, în îmbinare se montează şi armături longitudinale (verticale), care vor prelua eforturile de întindere din efectul de diafragmă. Deci îmbinarea de rezistenţă între panouri va forma diafragme verticale după două direcţii, asigurând, în acelaşi timp, şi legătura între pereţi pe direcţii perpendiculare şi creând un efect spaţial.

Legătura între panourile de pereţi (stratul de rezistenţă) şi planşeu se realizează tot prin sudarea mustăţilor din panoul inferior şi planşeu, prin introducerea unor bare transversale şi monolitizarea ulterioară a rostului.

Panoul de planşeu va rezema pe planul peretelui inferior (5 cm), prin intermediul dinţilor din beton.

Barele transversale din aceste îmbinări, în cadrul diafragmei orizontale, preiau eforturile de întindere ce apar datorită acţiunii seismice.

Panou mare prefabricat pentru perete exterior

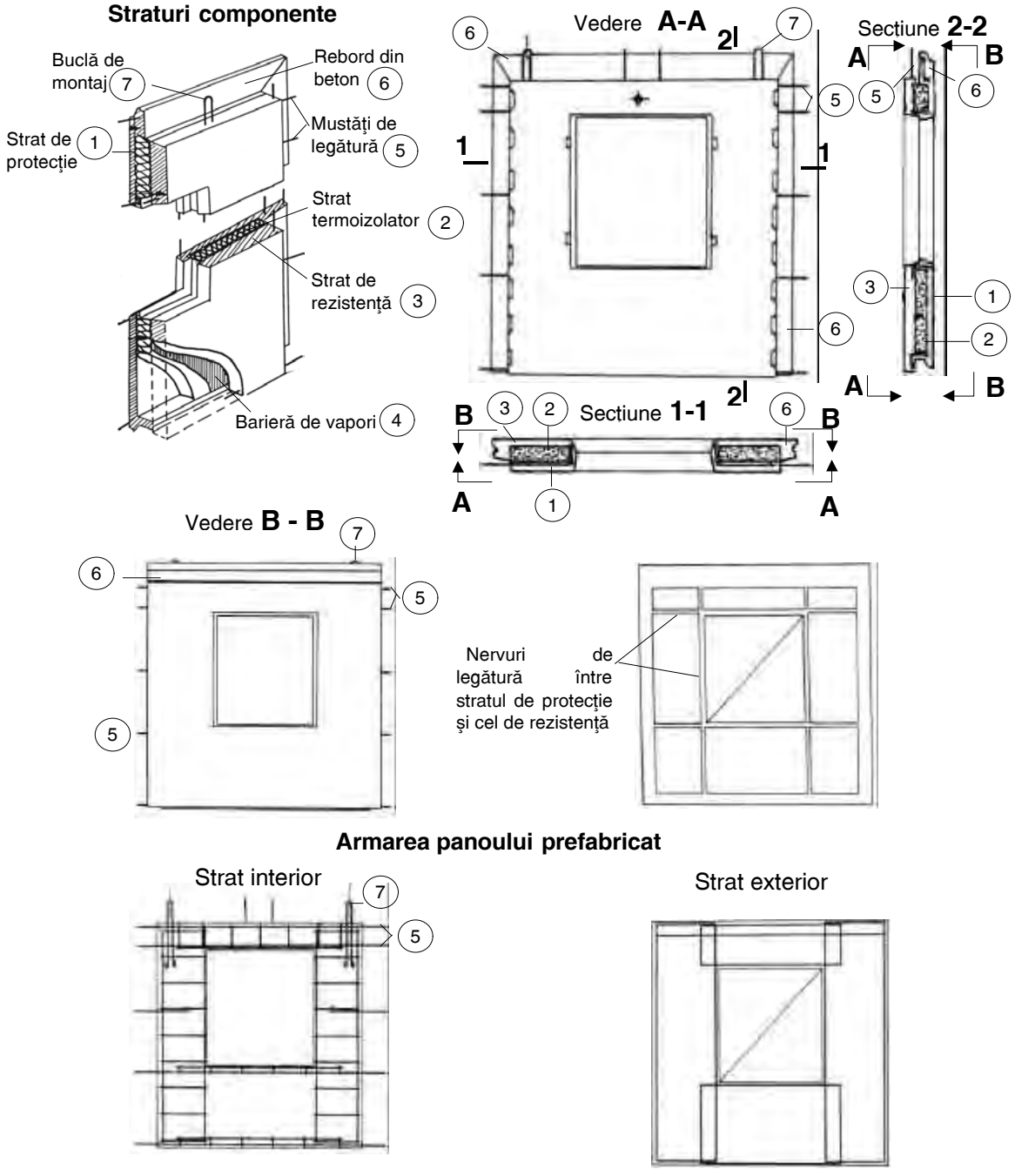


Fig. 18.II.6 Panou prefabricat sandwich din beton armat. Alcătuire constructivă. Armare.

Îmbinări la pereţi din panouri mari prefabricate din beton armat.

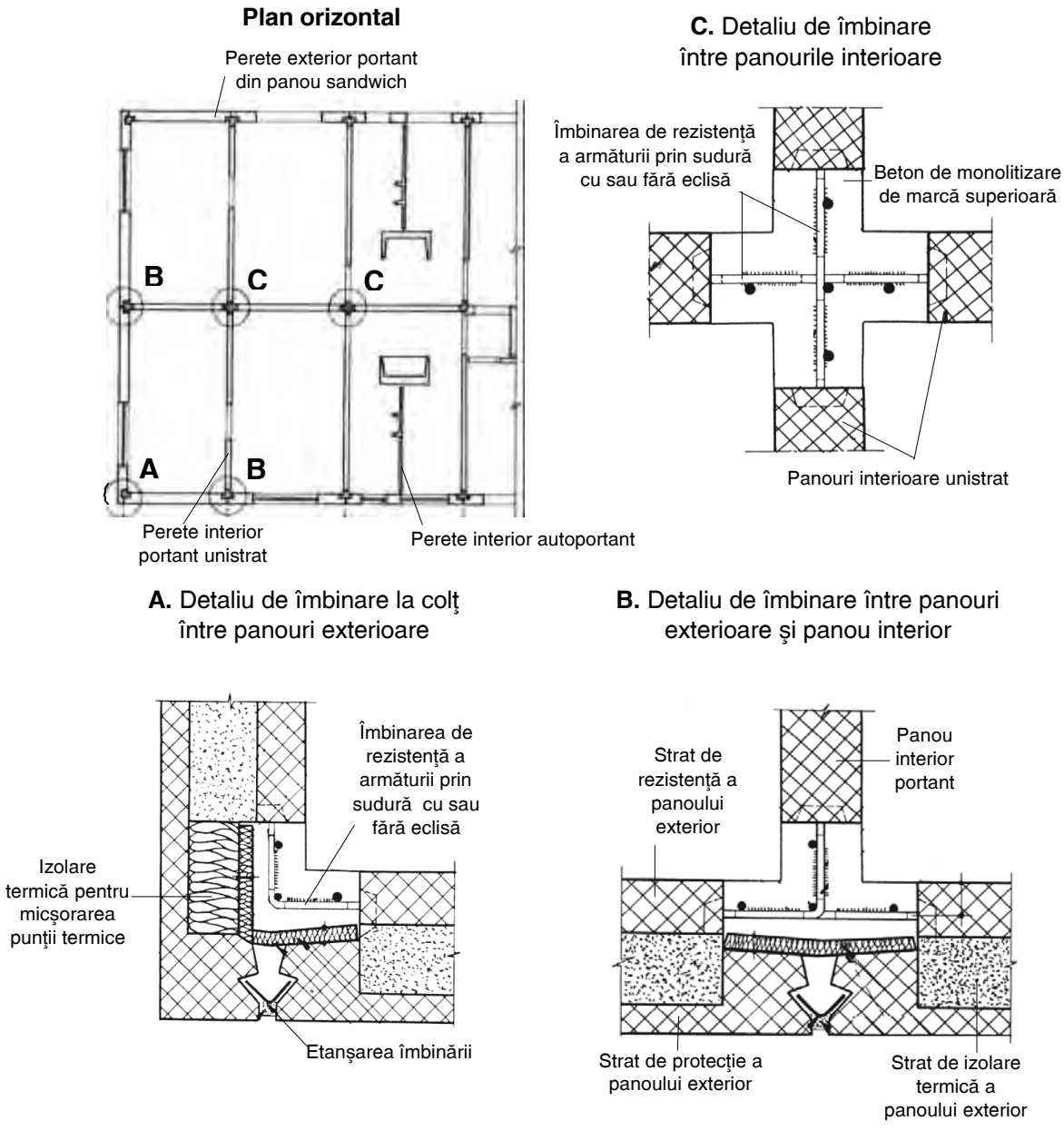


Fig. 18.II. 7 Pereţi portanţi din panouri mari din beton armat.
Detalii îmbinări: rezistenţă, etanşare, izolare termică

Panoul superior se aşează (fără armături) pe un mortar de poză, contând numai pe forţele de frecare şi monolitizările verticale între panouri.

Reducerea punţilor termice. Acestea apar la îmbinările panourilor, datorită cantităţii sporite de beton, urmare a monolitizărilor. Datorită acestei legături de rezistenţă, într-un rost vertical, termoizolaţia din câmpul curent se întrerupe (fig. 18.II.10).

Pentru micşorarea efectului punţilor termice, în rostul vertical (în profilul creat prin alăturarea panourilor exterioare) se introduce o fâşie suplimentară de termoizolaţie.

Acest strat termoizolator eficient, alcatuit, de obicei, din polistiren expandat, se îmbracă cu folie de polietilenă, care are rol de izolaţie hidrofugă contra umezelii din betonul de monolitizare şi contra eventualei umidităţi din aerul din rost.

Rostul orizontal are o alcătuire diferită de cel vertical - stratul termoizolator, protejat de folia de polietilenă, nu va putea face legătura completa între straturile de termoizolaţie curentă din panouri.

Din cercetările efectuate a rezultat că influenţa punţii termice se micşorează odată cu raportul între lăţimea punţii termice şi grosimea peretelui.

Stratul de rezistenţă (masă mare), dispus în interiorul panourilor mari, are rol de egalizator al temperaturii, distribuind mai uniform căldura.

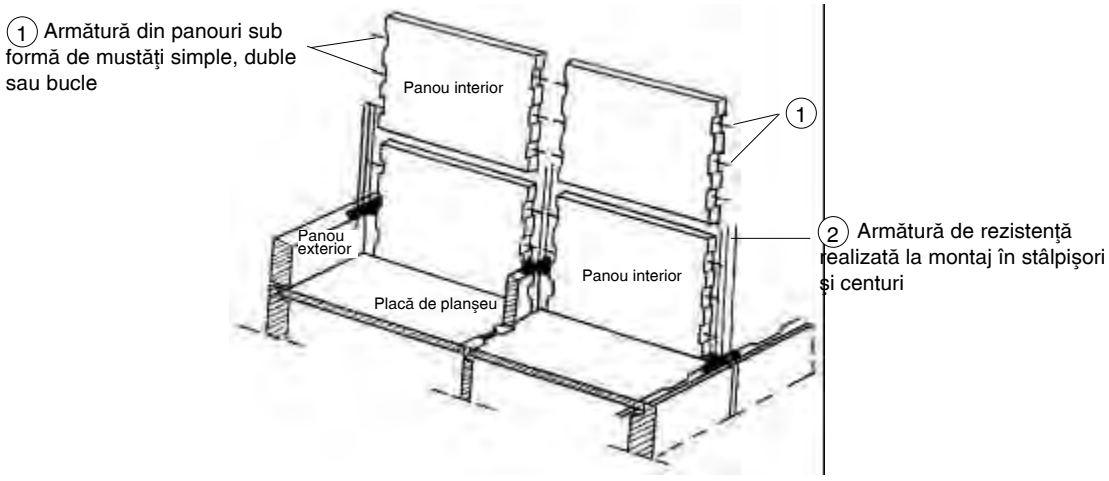
Etanşarea rosturilor. Una dintre principalele funcţiuni ale rosturilor între panourile mari este aceea de a asigura etanşeitatea faţă de aer şi apă, în timpul exploatarii.Pătrunderea apei de ploaie prin rosturi este rezultatul unei combinări de cauze: presiunea vântului, energia cinetică a picăturilor de apă, care cad pe rost, fenomenele capilare şi viteza apei care se scurge pe faţadă. În alcătuirea rosturilor, deosebim două concepţii: rosturi închise sau rosturi deschise.

La rosturile închise, etanşeitatea la aer şi apă se realizează utilizând un singur ecran din garnituri elastice sau masticuri. La acest tip de rosturi, cordoanele orizontale şi verticale din chit elastic trebuie să fie continue, neavând nici un gol la intersecţia rosturilor. Profilele P.V.C. au numai rol de ecran de refuz la aplicarea chitului de etanşare. Aceste rosturi au o alcătuire simplă, cu un cost mai redus, precum şi posibilitatea înlocuirii uşoare a materialelor de etanşare degradate la acţiunea intemperiilor. Infiltraţiile de apă pot apărea, uneori, datorită calităţii deficitare a materialelor sau manoperei de execuţie pe şantier.

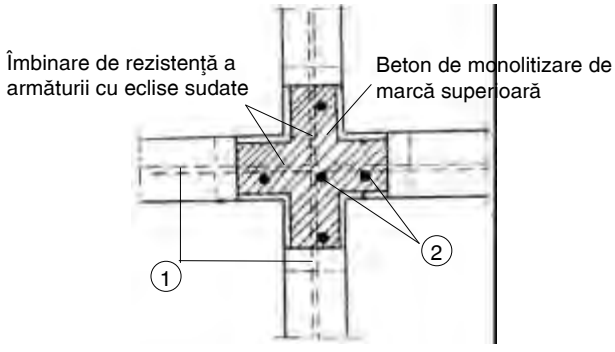
La rosturile deschise sau rosturi de funcţionare mecanică, etanşeitatea la apă şi aer se obţine prin oprirea separată a intrării apei şi a aerului.

Între ecranul exterior contra pătrunderii ploii şi ecranul interior contra aerului se află prevăzut un spaţiu de aer ventilat - gol de decompresie.

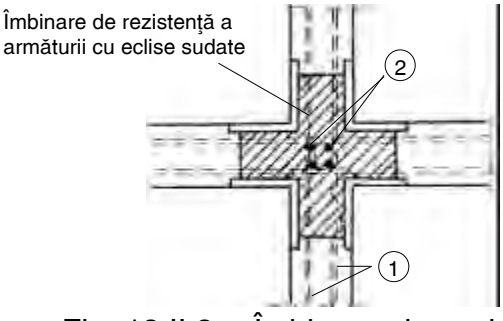
Îmbinarea de rezistenţă pe contur a panourilor mari portante din beton armat



Îmbinare de rezistenţă cu mustăţi singulare



Îmbinare de rezistenţă cu mustăţi duble



Modul de lucru a îmbinării de rezistenţă în rostul vertical

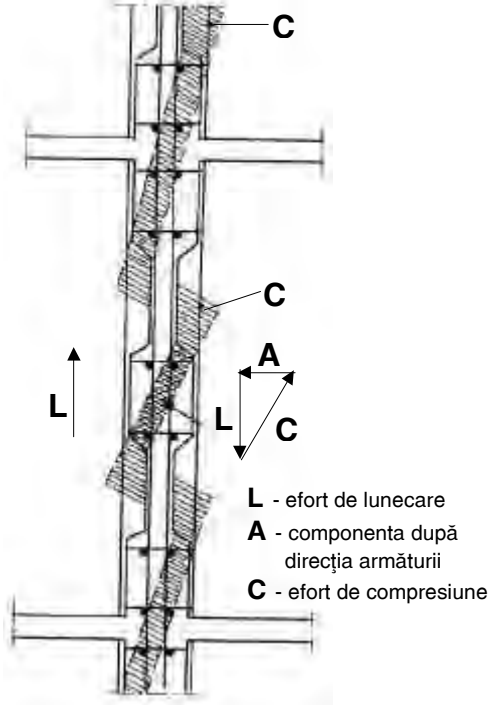


Fig. 18.II.8 Îmbinare de rezistenţă la panouri mari prefabricate pentru pereţi portanţi. Rost orizontal, alcătuire constructivă. Mod de lucru în rost vertical.

Îmbinare de rezistenţă la colţuri, a panourilor mari prefabricate la pereţi portanţi din beton armat

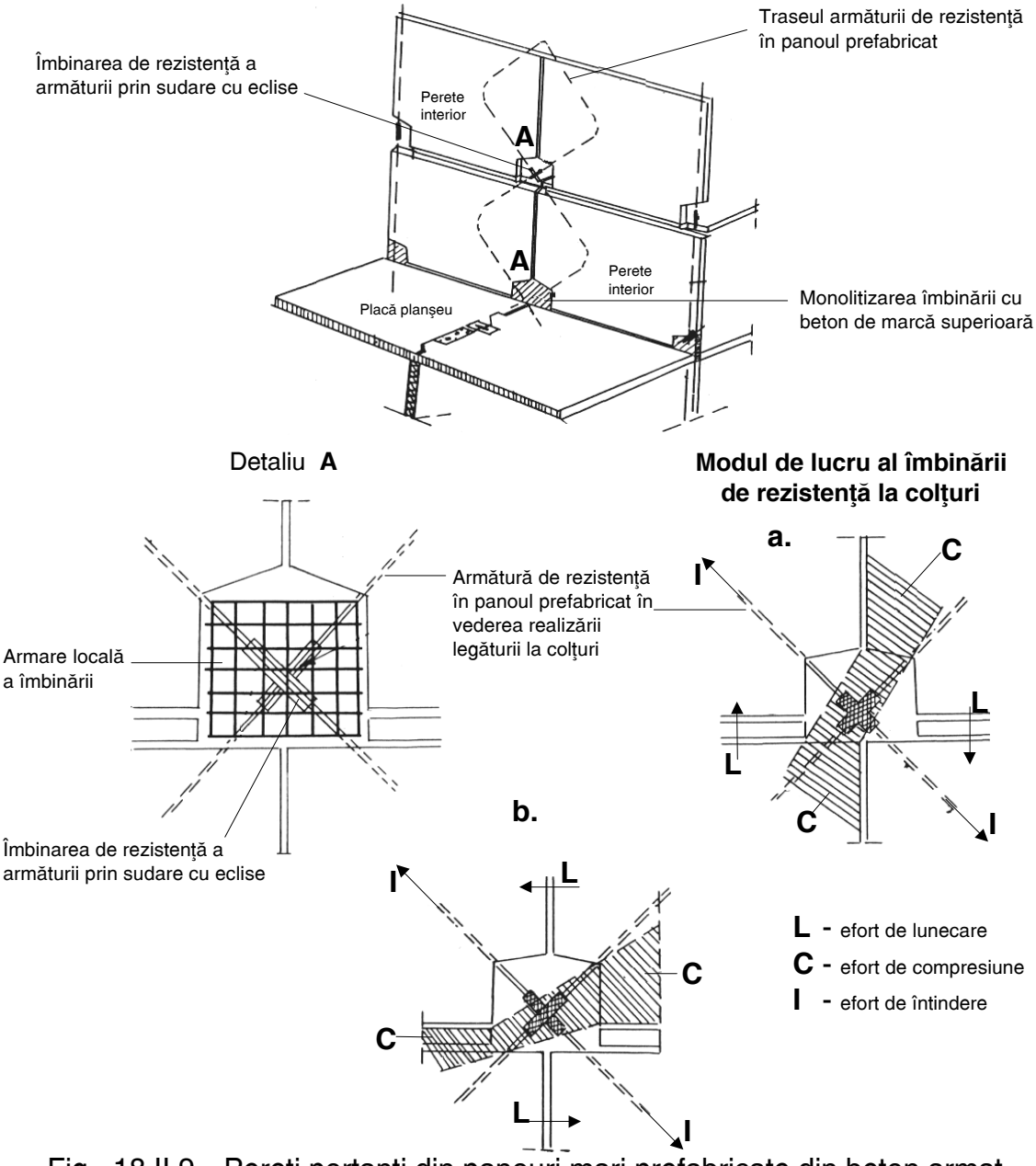
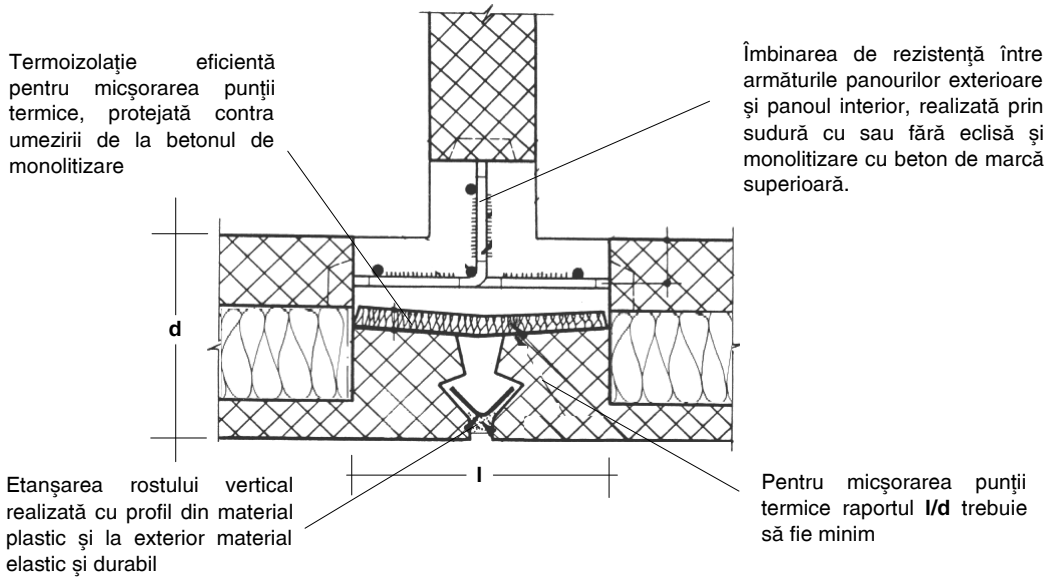


Fig. 18.II.9 Pereţi portanţi din panouri mari prefabricate din beton armat. Îmbinare de rezistenţă la colţuri, alcătuire constructivă. Modul de lucru al îmbinării.

Îmbinarea panourilor prefabricate din beton armat din punct de vedere al exigenţelor de rezistenţă, higrotermice şi etanşietate

Rost vertical



Rost orizontal

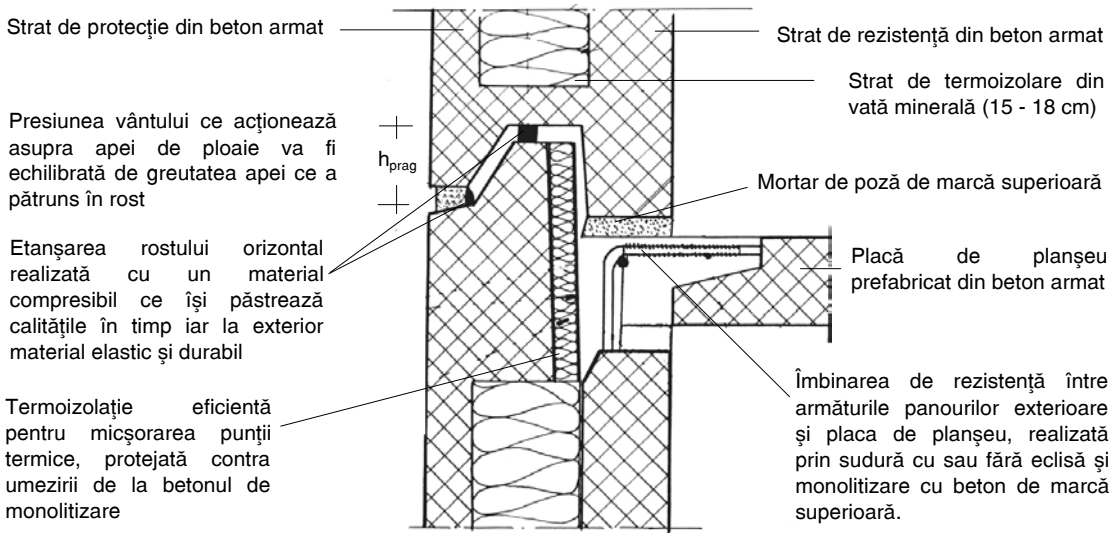


Fig.18.II.10 Îmbinarea panourilor mari prefabricate. Rost vertical. Rost orizontal.

Datorită faptului că se elimină diferenţa Dintr-o serie de cercetări, a rezultat că trebuie evitată aşezarea unui material suplu de etanşare pe un substrat rigid, cum este betonul sau tencuiala. Datorită acestui fapt, se recomandă pentru limitarea adâncimii stratului de chit folosirea cordoanelor extrudate din materiale plastice sau din cauciuc, benzi sau şnururi de spumă. Acestea din urmă având secţiunea circulară, se introduc cu uşurinţă şi oferă o mare suprafaţă de aderenţă cu chitul.

Pentru etansari preformante sunt folosite cauciucurile naturale sau sintetice nevulcanizate. Acestea se prezintă sub formă de şnururi cilindrice , pătrate, triunghiulare. Dacă la punerea în operă sunt bine presate, ele realizează o bună aderenţă; este indicat să fie întrebuinţate la rosturile ce se execută odată cu montajul panourilor. Aceste etansari au următoarele avantaje faţă de cele păstoase: aduc economie de manoperă, prezintă o execuţie curată şi pot prelua eforturi de compresiune.

În comparaţie cu chiturile, profilele de etanşare sunt elemente suple, cu forme precizate şi având procesul de întărire încheiat.

Profilele din materiale plastice pot fi celulare (spume), deschise (poliuretani) sau închise (policlorapren) şi compacte (P.V.C. rigid, cauciuc natural).

Profilele se prezintă sub formă de: benzi plate (P.V.C.), benzi cu buclă (P.V.C. clorapren), ţeavă sau semiţeavă (profile P.V.C.), profile comprimate de presiune între feţele ecranului împotriva apei, acest ecran este înlocuit cu o simpă barieră contra ploii.

Dacă apa ar pătrunde prin primul ecran, ea ar fi drenată în lungul rostului vertical prin spaţiul liber interior, iar evacuarea ei s-ar realiza la intersecţia rosturilor verticale cu cele orizontale. Astfel, apa este oprită să ajungă la al doilea ecran, la care există şi diferenţă de presiune între cele două feţe.

Ventilarea aerului în camera de decompresie se face prin prevederea unor orificii foarte mici în ecranul contra ploii. Aceste condiţii se obţin uşor în rosturile verticale, cu ajutorul unor profile aşezate în rost sau cu garnituri ce acoperă rostul. La rostul orizontal se prevede o deschidere mai mare de 5 mm, combinată cu un prag. Pentru o mai mare siguranţă se prevede o etanşare cu mortar de ciment cu adaos de aracet. Înălţimea pragului se determină din condiţia ca presiunea vântului, care acţionează asupra apei din rost, să fie echilibrată de înălţimea coloanei de apă din rost.

Dezavantajul rosturilor deschise apar la înlocuirea materialului de etanşare degradat în timp.

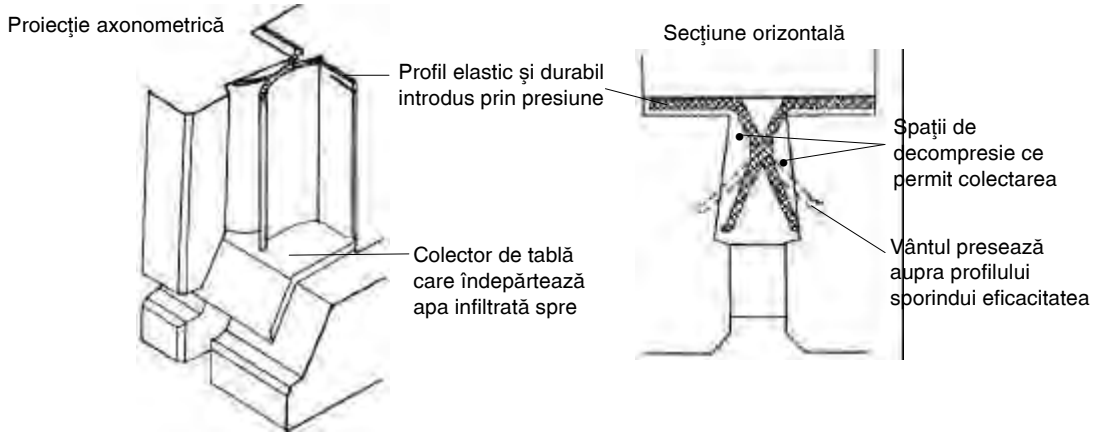
Pentru închiderea şi etanşarea rosturilor, se folosesc ca materiale:

- chituri pe bază de materiale plastice;
- profile de materiale pastice şi metalice.

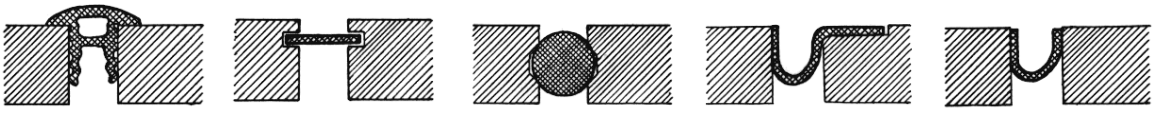
Substratul pe care se aşează chitul va influenţa asupra comportării acestuia.

Etanşarea rosturilor la panourile mari prefabricate

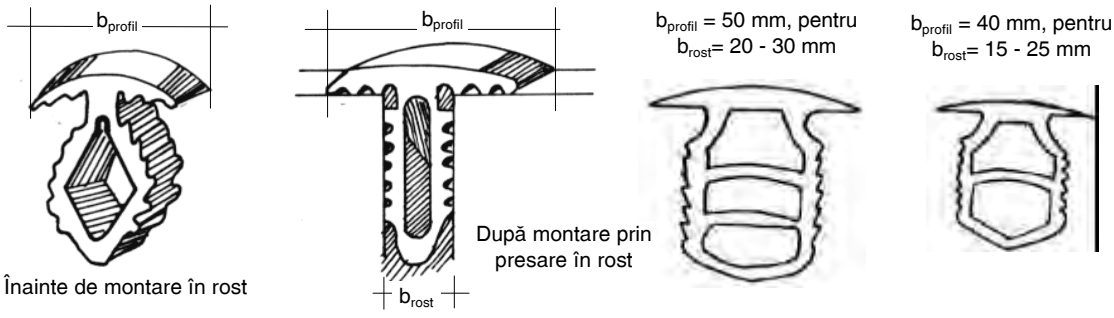
Rost deschis



Profile de mascare a rosturilor



Profile ce asigură etanşeitatea rosturilor



Tipuri de profile din materiale plastice (PVC sau clorapren)

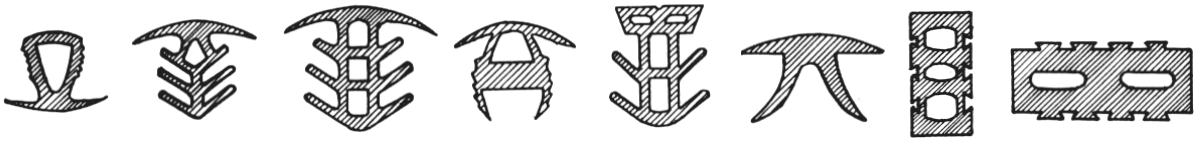


Fig. 18.II.11 Etanşarea rosturilor la panourile mari prefabricate. Rosturi deschise. Profile din material plastic.

(clorapren, nepren), tampon (P.V.C. clorapren) şi încastrate în beton (P.V.C. elastomeri).

18.II.3. ELEMENTE GENERALE DE CALCUL

Structurile de rezistenţă a clădirilor din panouri mari se consideră alcătuite din diafragme verticale şi orizontale, care rezultă din asamblarea panourilor izolate în elemente unitare. La aceste diafragme, refacerea integrală a monolitismului nu se poate realiza practic datorita faptului că discontinuitatea din rosturi nu permite preluarea, de către beton, a eforturilor de întindere.

Diafragmele verticale sunt asimilate cu console încastrate în fundaţii, iar cele orizontale sunt asimilate cu şaibe monolite, având o rigiditate mare la încovoiere în planul lor. Aceste diafragme orizontale asigură conlucrarea şi rigiditatea în planul orizontal al clădirii.

Schema structurii adoptata în calcul trebuie sa corespunda realizarii reale a legaturilor dintre panouri. Astfel, diafragmele din panouri mari pot forma console elementare independente (neputându-se conta pe rezistenţa îmbinarii verticale) sau console complexe (cu conlucrare între ele), ambele încastrate în fundaţie. Consolele complexe se compun din doua sau mai multe console elementare, îmbinate cu legaturi de rezistenţa corespunzatoare. Aceste îmbinari se pot realiza discontinuu, în puncte izolate (la nivelul planseului) sau continuu.

Calculul structurii de rezistenţă a clădirii din panouri mari cuprinde determinarea de eforturi şi dimensionarea diafragmelor, verificarea secţiunilor de îmbinare verticale şi orizontale.

Secţiunile orizontale ale diafragmelor verticale, pline sau cu goluri, sunt solicitate de momentul încovoietor, forţa tăietoare şi forţa axială. Considerarea diafragmelor drept elemente monolite impune ca îmbinările să fie capabile de a prelua eforturile de întindere, compresiune şi lunecări, ce apar în ele.

Eforturile de întindere din rosturile verticale marginale, din partea unde acţionează sarcina orizontala, sunt preluate de armătura verticală a cărei continuitate este asigurată, prin sudură, deasupra planşeului.

Efortul de compresiune din rostul marginal opus este preluat de betonul de monolitizare.

Eforturile de lunecare ,determinate pe baza eforturilor tangenţiale din rosturile izolate, sunt preluate de armătura verticală, iar în rosturile verticale sunt preluate de nişte pane de beton monolit, create prin şicanarea feţelor laterale ale panourilor, şi armăturile panourilor sudate.

În aceste rosturi verticale, se verifică, la compresiune, prismul de beton între cele două praguri.

În rosturile orizontale, eforturile de lunecare sunt preluate numai de forţele de frecare, dar în zonele seismice se

prevăd dinţi şi pane ale rosturilor care să preia forţele de lunecare.

În afară de sistemul de îmbinare pe contur ,la care eforturile sunt distribuite în jurul panourilor, rezultând o reţea de tiranţi din beton armat ce înglobează panourile, se mai foloseşte sistemul de îmbinare la colţuri.

La acest sistem, eforturile sunt concentrate la colţuri, diafragmele verticale fiind asimilate cu grinzi cu zăbrele, în care panourile au rol de diagonale şi montanţi.

La sistemul de îmbinare la colţuri, transmiterea efortului de întindere se realizează prin bare pozate pe direcţia de acţionare a eforturilor. Continuitatea acestor bare este asigurată prin eclipse sudate. Pentru executarea acestor suduri, s-au prevăzut lăcaşuri care, prin betonare, îndepinesc rol de pane rezistente la forfecare. Acest sistem de îmbinare este mai pretenţios din punct de vedere al execuţiei îmbinăilor, necesitând o tehnicitate sporită pentru realizarea sudurilor.

Îmbinarea la colţuri are avantajul că impune toleranţe de confecţionare-montare mai reduse faţă de cele admisibile.

Distribuţia diafragmelor, în cadrul cladirilor, va urmari sa elimine excentricitatea între centrul maselor si centrul de rigiditate al cladirii, eliminând posibilitatea apariţiei momentului de torsiune dat de rezultanta forţelor orozontale (seism). Expresia sageţii la o sageata produsa de diafragma plina este compusa din

momentele încovoietoare si de cea produsa de forţele taietoare.

Distribuţia rezultantei încarcarilor orizontale (seism sau vânt), la diafragmele structurii unei cladiri, se face direct proporţional cu rigiditaţile acestora, exprimate prin raportul între rigiditatea diafragmei si suma rigiditaţilor diafragmelor, dupa cele doua direcţii.

Incarcarea verticala transmisa de plansee este egala cu încarcarea aferenta sectiunii active a diafragmei (sectiunea propriu-zisa plus sectiunea de conlucrare pe directie perpendiculara). Încarcarea verticala provine din greutatea proprie a diafragmelor, planseelor si pereţilor despartitori neportanţi, la care se adauga încarcarea uitila din procesul de exploatare.

Modul de repartizare a încarcarilor verticale de la plansee este influenţat de alcatuirea constructiva a acestora (placi monolite, fâsii cu goluri).In zonele seismice condiţiile de ductilitate vor determina forma si dimensiunile secţiunii pereţilor din beton armat monolit.. Aceste condiţii sunt mai severe decât cele de capacitate portanta si constau în : evitarea unei cedari casante premature datorita forţei taietoare sau micsorarea aderentei intre armatura si beton în timpul solicitarii seismice; si asigurarea incadrarii intr-un

mecanism de cedare în care armaturile longitudinale din zona întinsa sa acumuleze deformaţii plastice înainte de a interveni ruperea zonei comprimate.
Dimensionarea diafragmelor se realizeaza mai sever, în zonele cu deformaţii plastice ce pot apare la seism, cum sunt buiandrugii (rigle de cuplare pe întreaga deschidere) şi zona de încastrare a diafragmelor pline sau/şi montanţilor.

Capitolul

19

PEREŢI INTERIORI DE COMPARTIMENTARE

19.1. GENERALITĂŢI

Pereţi despărţitori, uşori (nestructurali), compartimentează spaţiul interior al clădirii funcţie de necesităţile impuse de destinaţia acesteia.

La clădirile civile pereţii interiori de compartimentare trebuie să îndeplinească exigenţele privind asigurarea securităţii, confortul utilizatorilor şi a durabilităţii.

Pereţii interiori de compartimentare sunt solicitaţi la: greutate proprie, acţiunea focului, acţiunea şocurilor.

Alegerea materialelor, din care se execută pereţii de compartimentare, se realizează funcţie de: destinaţie, rezistenţa la solicitări, comportarea bună la diferite sisteme de finisaj şi de costul acestora.

Greutatea relativ redusă a pereţilor de compartimentare conduce la o micşorare a sarcinilor permanente ce încarcă structura portantă.

Se tinde spre soluţiile care permit montarea şi demontarea simplă şi uşoară a pereţilor de compartimentare. Aceasta dă posibilitatea obţinerii unui "plan elastic", adaptabil schimbărilor necesare ce pot surveni în exploatarea viitoare a clădirilor (birouri, magazine).

19.2. EXIGENŢE

Pereţii interiori de compartimentare nu participă la preluarea sarcinilor statice sau dinamice din structura de rezistenţă.

Aceşti pereţi realizează funcţia de separare, la clădiri civile, între încăperi în aceeaşi unitate funcţională (apartament) sau între încăperi din unităţi funcţionale diferite (apartamente învecinate, între încăperi şi casa scării).

În fig.19.1 se prezintă schema exigenţelor pereţilor interiori de compartimentare pentru asigurarea securităţii, confortului utilizatorului şi a durabilităţii.

Pereţii interiori neportanţi trebuie să reziste la o combinaţie defavorabilă de încărcări cum ar fi: greutate proprie, curenţi de aer, încărcări seismice proporţionale cu greutatea proprie.

În vederea stabilirii unui nivel optim de siguranţă,se va conveni asupra unui coeficient global de siguranţă la rupere funcţie de: natura materialelor, modul de asamblare, legăturile reale cu structura de rezistenţă şi riscurile utilizatorului încăperilor în cazul ruperii sau pierderii stabilităţii peretelui.

Rezistenţa la acţiunea curenţilor de aer, când delimitează spaţii cu pericol de explozii, se consideră satisfăcută dacă peretele rezistă la încercări specifice corespunzătoare celor din exploatare. Acest lucru este necesar pentru evitatea unor deformaţii excesive, care ar împiedica exploatarea normală a încăperilor, funcţionarea instalaţiilor, a tâmplăriei înglobate în pereţi.

Deformaţia provenită din agăţarea unor corpuri grele se determină prin încercarea unui prototip de perete interior, în porţiunea cea mai defavorabilă a unei încărcări (500 N) normale pe planul elementului.

Comportarea la şoc

Pereţii interiori de compartimentare trebuie să reziste la încarcarea la soc, fără a fi străpunşi sau sa fie dizlocate bucăţi din ei. Să nu producă dislocari si căderi a unor porţiuni de perete , care ar provoca rănirea utilizatorilor.

Încercarea se realizează sub acţiunea unui şoc dat de un corp moale, ce simuleaza rezemarea sau căderea unei persoane asupra unui perete.

Peretele este supus şi la un şoc dat de un corp dur (bilă de oţel) ceea ce ar simula lovirea acestuia cu un obiect de suprafaţă mică de contact (de exemplu impactul cu un colţ de mobilă la o deplasare în încăpere).

Legăturile cu structura de rezistenţă

Aceste legături ale peretelui interior autoportant, trebuie concepute şi executate astfel încât influenţa deformaţiilor previzibile ale structurii să nu genereze sarcini paralele cu planul peretelui, care să conducă la deteriorări periculoase pentru utilizator.

Siguranţa la foc

Peretele de compartimentare, inclusiv rosturile şi legăturile, nu trebuie să favorizeze incendiul şi nici propagarea cu uşurinţă a focului.

În caz de incendiu peretele să nu constitue o sursă a unor degajări de gaze nocive, toxice sau a fumului.

La traversarea, prin pereţii despărţitori, a canalelor, conductelor

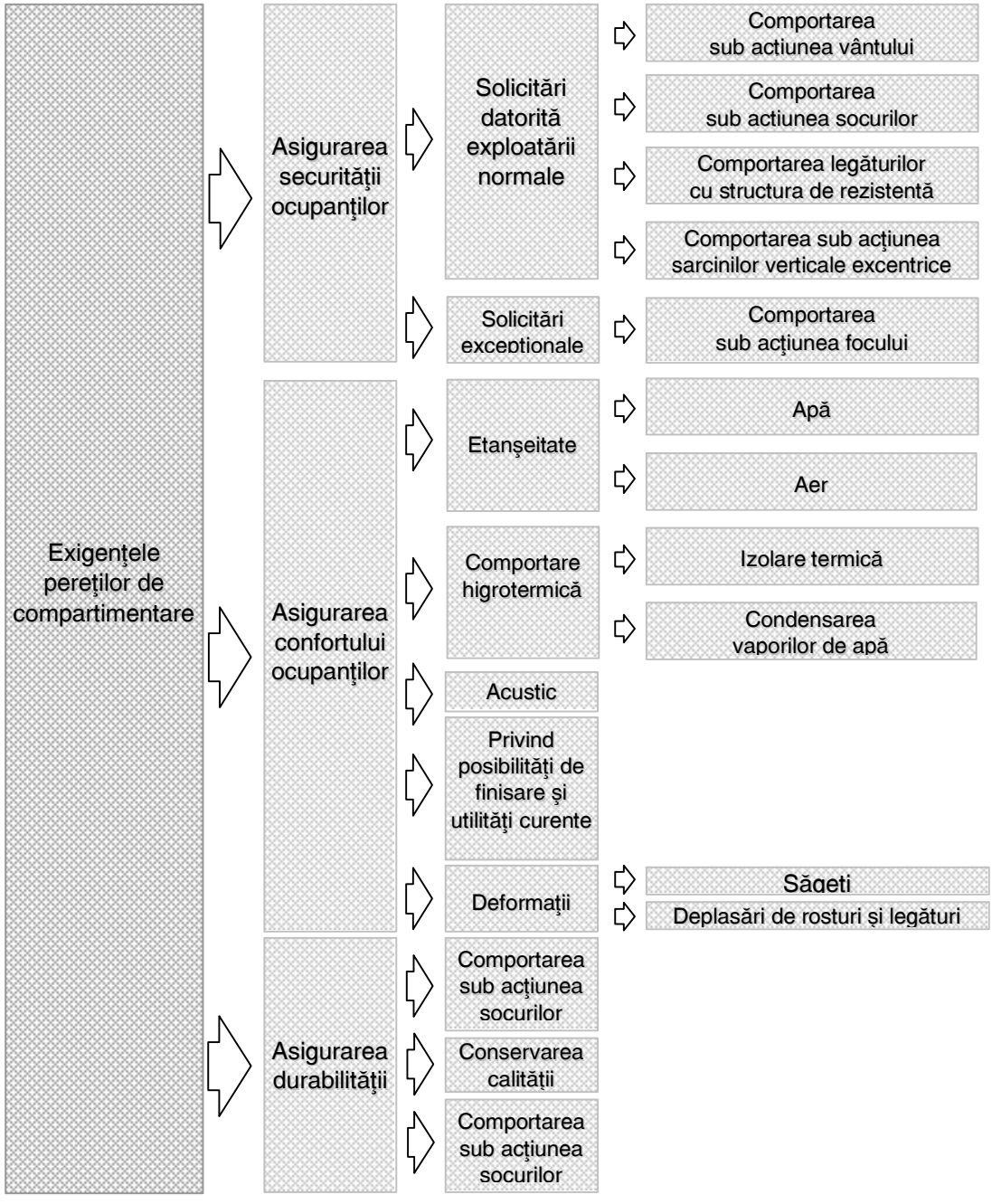


Fig 19.1 Schema exigenţelor pereţilor interiori de compartimentare

Pereţi despărţitori neportanţi. Legătura cu planseul şi pereţii portanţi

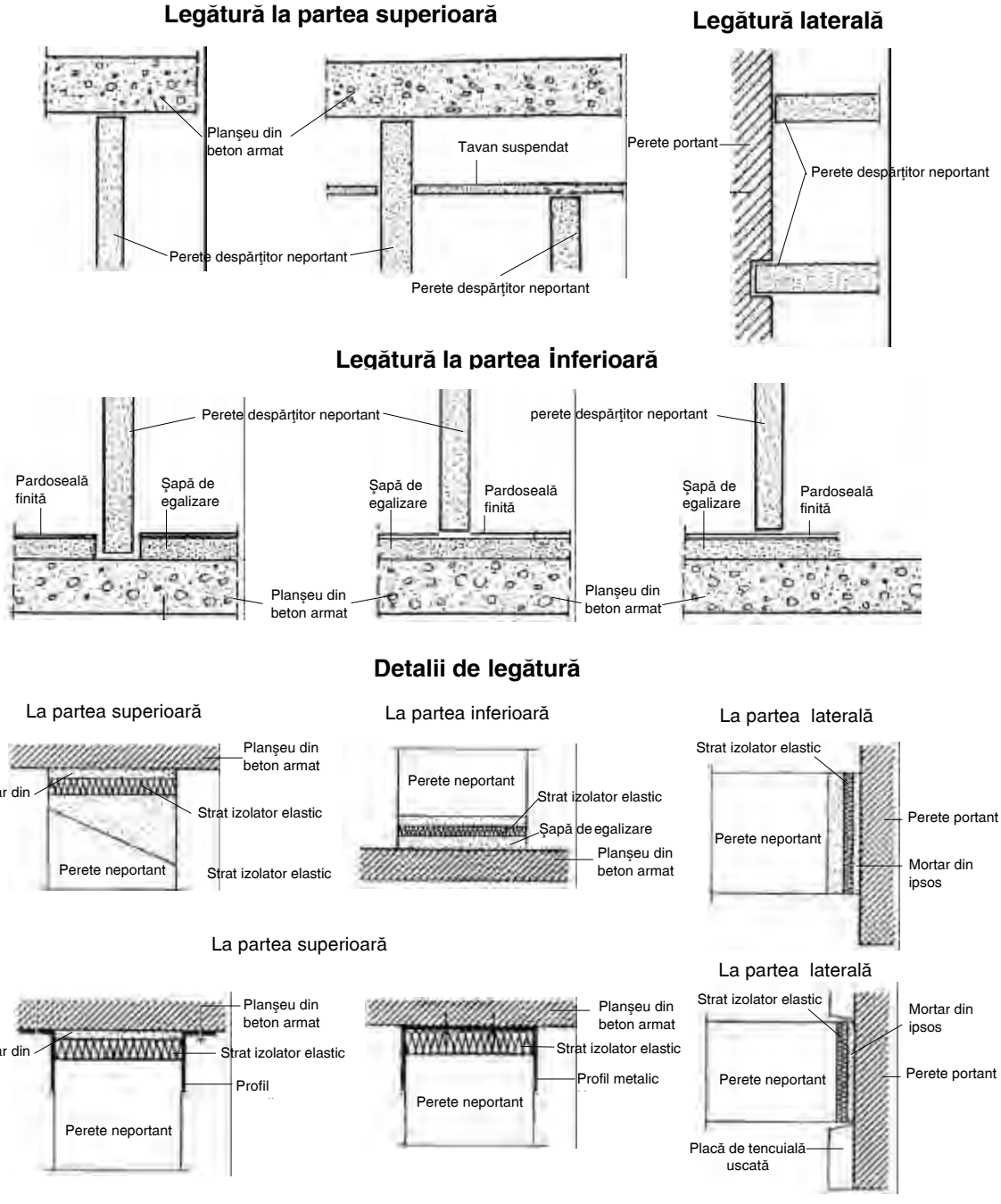


Fig. 19.2 Pereţi despărţitori neportanţi. Legătura cu planşeul şi pereţiiportanţi. Variante. Detalii.

sau cablurilor se vor lua măsuri de etanşare cu materiale rezistente la foc.

Încorporarea în pereţii de compartimentare a traseelor şi aparatajelor electrice, doze, prize se va face prin executarea unor protecţii corespunzătoare din materiale incombustibile pentru a se evita aprinderea datorită avariilor sau defecţiunilor proprii instalaţiilor electrice.

Etanşeitatea pereţilor interiori

Această exigenţă influenţează concepţia rosturilor şi legăturile cu elementele structurale.

Variaţiile dimensionale ale rosturilor şi legăturilor se datorează toleranţelor de realizare a structurii clădirii şi pereţilor interiori dar şi variaţiei dimensionale pe durata de exploatare normală.

Etanşeitate la apă. În încăperile în care sunt prevăzute pardoseli, care se curăţă prin spălare cu apă, legătura între peretele de compartimentare şi pardoseală va fi astfel alcătuită încât să asigure etanşeitatea la apă pentru încăperile alăturate.

În cazul încăperilor cu procese umede (băi, bucătării), unde apare posibilitatea de umezire a peretelui sau de condensare a apei pe suprafaţa acestuia, se va prevedea un finisaj etanş la apă. Finisajul va evita acumularea apei în partea inferioară a peretelui.

Etanşeitatea la aer a peretelui de compartimentare este cerinţa necesara care se ia în considerare la alcătuirea constructivă a acestui element de construcţie.

Capacitatea de izolare termică

Exigenţa se va impune la pereţii interiori ce despart spaţii cu diferenţe de temperatură mai mari de 5 ^{0}C (holuri , casa scării, garaje). Aceasta cerinta trebuie asigurată pentru garantarea condiţiilor minime de confort termic şi consum minim de combustibil pentru încălzire.

Capacitatea de izolare la zgomot aerian

Exigenţă importantă a pereţilor interiori de compartimentare trebuie să satisfacă condiţiile privind indicele de izolare la zgomot aerian $E_{A,}$ indice ce trebuie să fie mai mare ca 1 în cazul separării încăperilor din apartamente adiacente, coridoare, holuri comune, casa scării şi de 20 în cazul când desparte încăperi din cadrul aceluiaşi apartament.

19.3. PEREŢI DIN AZBOCIMENT

La clădirile industriale fără condiţii climatologice interioare speciale, pereţii de închidere se pot executa din plăci ondulate de azbociment, iar la clădirile unde pereţii au şi funcţiune higrotermică se realizează din panouri-sandviş, cu o placă sau două din azbociment şi un strat median termoizolant (fig.19. 2).

Trebuie menţionate o serie de avantaje ale plăcilor ondulate din azbociment: sunt incombustibile, inoxidabile, negelive, imputrescibile,

impermeabile, nedeformabile, şi cu greutate proprie redusă.

Prinderea plăcilor de azbociment ondulat depinde de materialul din care este alcătuit scheletul peretelui.

În cazul pereţilor expuşi la variaţii termice semnificative sau la vibraţii, prinderea se realizează cu dispozitive ce permit deplasarea liberă a plăcilor faţă de scheletul pereţilor.

Montajul plăcilor începe de la soclu spre streaşină, în rânduri verticale, de la un capăt al peretelui la celălalt. Montajul începe de la marginea costrucţiei, pozata în partea opusă direcţiei vânturilor dominante.

Panoul în trei straturi se realizează din două plăci de azbociment plane presate şi un miez termoizolator (vată minerală sau polistiren celular), lipite cu adezivi, şi o barieră contra vaporilor, intercalată, la partea interioara, între placa de azbociment si termoizolaţie.

Panourile în trei straturi pot fi finisate prin vopsire.

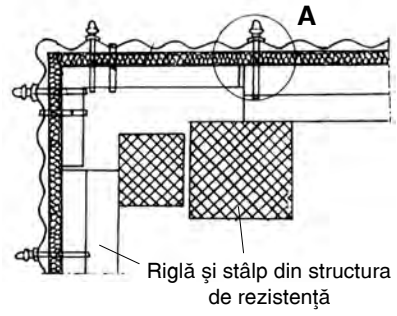
Grosimea necesară termoizolaţiei se stabileşte pe baza unui calcul termotehnic şi de eficienţă economică.

Panourile sandviş sunt prevăzute cu rame de margine cu şanţ pe contur, care serveşte la îmbinarea panourilor, prin intermediul unei bare de azbociment. Panourile pentru pereţi se fixează de scheletul de rezistenţă prin intermediul unor piese metalice.

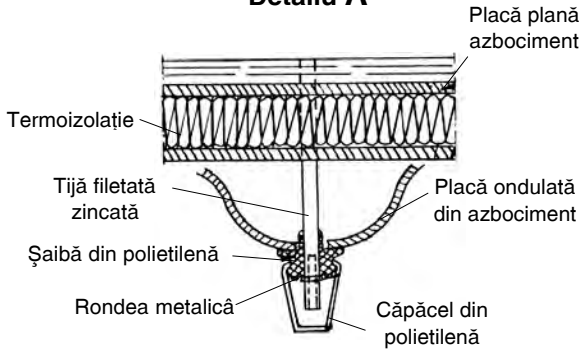
Rosturile panourilor-sandviş se etanşează cu chit elastic şi bandă de cauciuc.

Panouri sandwich din azbociment

Îmbinarea la colţuri



Detaliu A



Prinderea panoului de rigla structurii de rezistenţă

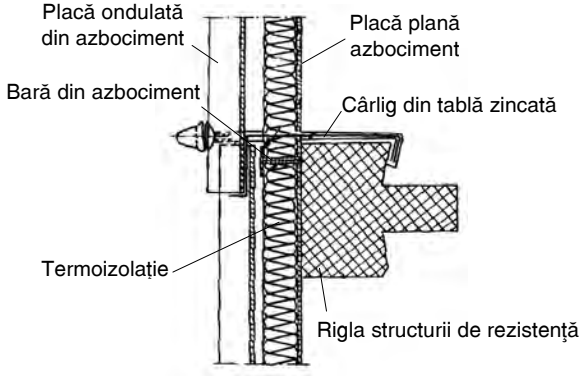


Fig. 19.3 Panouri sandwich din plăci de azbociment plan si ondulat

19.4. PEREŢI DE COMPARTIMENTARE DIN STICLĂ

Aceşti pereţi se pot realiza din plăci presate din sticlă şi din geam profilat (fig. 19.3).

Pereţii din plăci presate din sticlă se execută dintr-un strat sau din două straturi de plăci presate cu un strat de aer.

Plăcile presate se zidesc cu mortar de ciment în rânduri orizontale, dispuse pe muchie, cu rosturile verticale în prelungire. Pereţii se consolidează prin înglobarea, în rosturile orizontale şi verticale, a unor bare din oţel-beton.

În timpul execuţiei, se acordă o deosebită atenţie aplicării stratului de mortar, pentru a se evita contactul direct între plăcile din sticlă şi barele de oţel.

Pentru a permite deplasările datorită dilatării şi contracţiei peretelui, se prevede, la capete, un material elastic (pâslă minerală, P.F.L. polistiren).

Pereţii ce au lungimea mai mare de 5 m sunt prevăzuţi cu un cadru de beton armat sau metalic.

Pereţii din geam profilat se realizează din profile U din sticlă, autoportante, în aşezare simplă sau dublă (fig. 19.3).

Sticla poate fi simplă sau armată cu o reţea din sârmă de oţel.

Pereţii din geam de profilit se pot executa cu dimensiuni relativ mari, fără prinderi intermediare ceea ce conduce la obţinerea unei iluminări optime şi uniforme (se pot obţine înălţimi > de 6 m în cazul pereţilor cu pozare dublă).

Aceşti pereţi realizează închideri etanşe. Datorită registrelor vitrate mari, pereţii din geam de profilit creează o arhitectură specifică. Datorită uşurinţei la montare, geamul de profilit este recomandat pentru pereţii de compartimentare. Legătura geamului profilit cu elementele de structură se face prin intermediul unui cadru metalic, beton armat sau lemn având formă de U. Ancorarea acestui cadru metalic (profil U) de elemente de rezistenţă se realizează prin cel puţin două puncte de prindere.

Fâşiile de geam profilat se reazemă, la partea inferioară şi superioară, pe un pat elastic, cu compresibilitate redusă şi cu rezistenţa mare la îmbătrânire (fig.19. 3).

Peste acest suport elastic, în cadrul ramei metalice, de ambele părţi ale geamului de profilit, se pozează elementele de calare din material plastic, care, ulterior, se acoperă cu chit de etanşare.

La montare, fâşiile din geam de profilit se introduc cu capătul de sus în ramă, după care se coboară pe patul ramei inferioare (fig.19. 3).

Pereţii din sticlă profilată se remarcă prin: realizarea unor compartimentări vitrate la clădiri cu destinaţii diverse, proces de montaj "uscat", productivitate ridicată, cheltuieli de întreţinere minime.

19.5. PEREŢI DIN LEMN

Utilizarea lemnului la realizarea clădirilor este justificată de o serie de avantaje:

Pereţi de compartimentare din sticlă

I. Pereţi simpli din profilit

cu aripile în acelaşi sens

A

cu aripile în sens opus

Pereţi dubli din profilit

cu rosturi alăturate

cu rosturi decalate

Detaliu A

Etanşarea geamului de profilit

Profile PVC

Mastic de etanşare

Rezemarea peretelui de profilit

Element de rezistenţă

Cadru metalic din profil U format la rece

Material de calare (polistiren)

Geam de profilit

Etanşare cu chit

Material de calare (polistiren)

Profil metalic U

Pat suport

Montarea geamului de profilit

Introducerea geamului de profilit în rama metalică superioară

Coborârea pe patul ramei metalice inferioare

II. Pereţi din plăci presate din sticlă

Elevaţie şi secţiune

Secţiunea **1-1**

A

B

Mortar de ciment

Armături montate între plăci

A

Izolaţie hidrofugă

Spaţiu de dilatare umplut cu material elastic (poistiren, PFL)

Placă din sticlă presată

Mortar de ciment

Perete dublu din plăci din sticlă presată

Profil metalic U

Strat de sticlă presată

Strat de aer

Material elastic

Piesă racord din tablă zincată

B

Pe suprafaţa de contact a sticlei cu mortarul se aplică un strat de vopsea (strat de protecţie şi adrerenţă)

Armături

Fig. 19.4 Pereţi de compartimentare din sticlă de profilit (I) şi din plăci de sticlă presată (II)

- comportare foarte bună în raport cu solicitările mecanice;
- relativa uşurinţă a prelucrării şi a punerii în operă;
- comportare bună la intemperii;
- aspect plăcut.

Clădirile din lemn cu mare eficienţă economică şi timp redus de execuţie se pot confecţiona în ateliere specializate, cu prefabricare totală.

Scheletul de rezistenţă, anvelopa, pereţii interiori se concep din elemente simple, cu dimensiuni rezonabile, în vederea unui transport, a unei depozitări şi montări eficiente.

Scheletul de rezistenţă (pereţi, şarpantă, suport pardoseală) este prevăzut din elemente liniare asamblate rigid la noduri (fig. 19.5. I).

Pereţii exteriori au fost concepuţi dintr-un schelet de lemn (montanţi şi rigle), izolaţie termică, a cărei grosime a rezultat din obţinerea unei rezistenţe termice mari, care să micşoreze în timpul exploatării clădirii, consumul de combustibil pentru încălzire.

În anvelopă s-a prevăzut şi un al doilea strat de izolare termică , care să micşoreze punţile termice ale scheletului clădirii. Această termoizolaţie se pozează într-un caroiaj de lemn decalat de structură (fig19. 5.I).

La partea interioară a anvelopei se montează plăci de ipsos-carton.

În alcătuirea pereţilor exteriori se prevede o barieră de vapori, pozată spre interiorul termoizolaţiei şi un strat paravânt aşezat în exteriorul acesteia, înaintea paramentului exterior. Acest parament poate fi alcătuit din diverse materiale (scânduri de lemn pozate pe verticală sau orizontală).

Clădirile din lemn realizate din schelet şi panouri din lemn în 3 straturi (fig.19. 5.II).

Din acest punct de vedere, pereţii din lemn pot fi pereţi prefabricaţi din: lemn, plăci fibro-lemnoase, aglomerate lemnoase.

Pereţii prefabricaţi din lemn se execută în 3 straturi.

Feţele panoului se realizează din scânduri, iar stratul termoizolant şi fonoizolant din vată minerală, polistiren ignifugat. Termoizolaţia se protejează cu o barieră contra vaporilor spre interior. Panoul prefabricat este bordat cu o ramă din lemn, iar în interior este prevăzut cu rigle de rigidizare.

Pentru obţinerea unui contact organic între feţele din lemn şi stratul termoizolator, pe feţele din lemn se fixează o reţea de şipci.

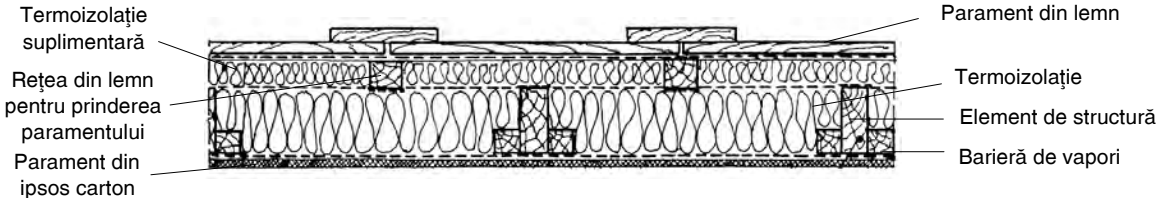
Pereţii din plăci fibrolemnoase (P.F.L.) pot fi: plăci dure emailate sau melaminate şi plăci poroase, având calităţi fonoabsorbante.

Structura peretelui este realizată dintr-un schelet de lemn pe care se montează plăcile din P.F.L.

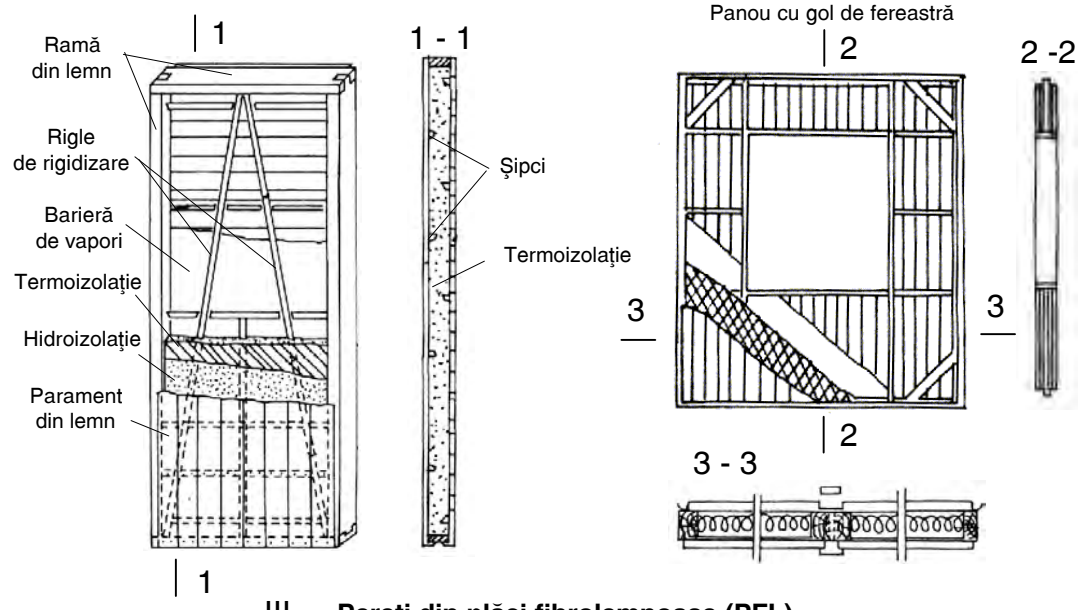
Pentru a se mări capacitatea de izolare acustică, între feţele din P.F.L. dur ale panoului de perete se interpun plăci din P.F.L. poros sau vată minerală, iar prinderea feţelor din P.F.L. dur de riglelele scheletului se face prin intermediul garniturilor de cauciuc (fig.19. 5. III).

Pereţi din lemn

I. Perete termoizolator cu structură din lemn



II. Panouri pentru pereţi din lemn



III. Pereţi din plăci fibrolemnoase (PFL)

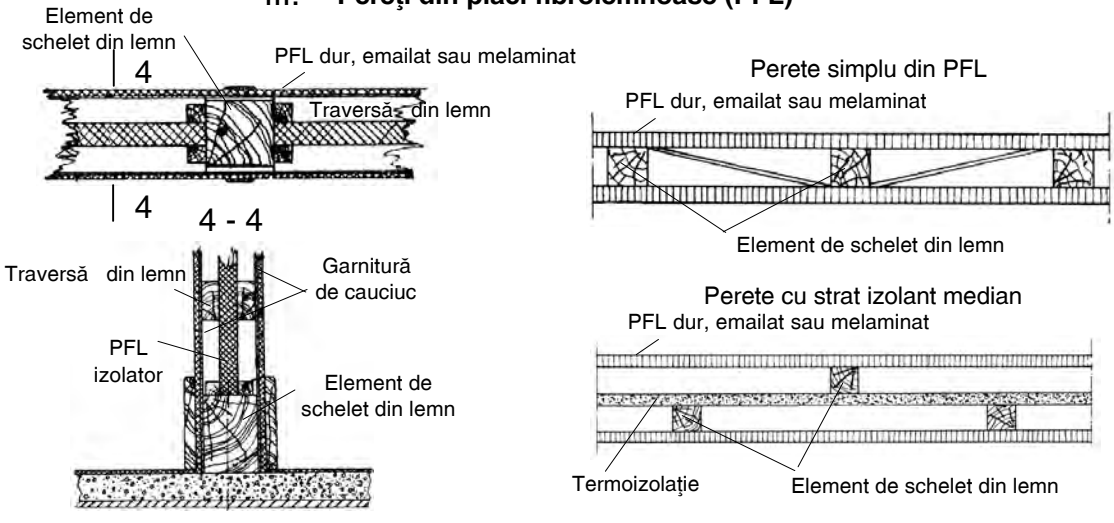


Fig. 19.5 Pereţi de compartimentare şi închidere din lemn

Rosturile între panouri sunt aparente sau acoperite cu şipci de lemn profilate.

Pereţii din plăci aglomerate din lemn se execută cu plăci din aşchii de lemn (PAL) sau cu plăci din aşchii de lemn extrudate (presate în direcţia feţelor) şi acoperite cu o foaie de placaj (PALEX).

Pereţii din plăci aglomerate din lemn se realizează sub formă de panouri, având lungimea egală cu înălţimea încăperii.

Asamblarea panourilor se face în lambă şi uluc.

Pe pardoseală, panourile se fixează între două pervazuri prinse în dibluri, iar la tavan în mod identic sau cu un profil metalic.

19.6. PEREŢI DIN MASE PLASTICE

Folosirea maselor plastice la execuţia pereţilor uşori ai clădirilor este justificata de : rezistenţa bună la acţiunea agenţilor atmosferici şi coroziune, greutatea redusă, conductivitatea termică redusa, posibilităţi usoare de prelucrare, modelare şi aspect variat.

Aceste materiale prezintă şi o serie de dezavantaje care trebuie luate în consideraţie la alegerea materialului şi în alcătuirea pereţilor de compartimentare: deformaţii relativ mari la acţiunea temperaturii, îmbătrânirea prematura şi rezistenţa slabă la acţiunea focului.

Materialele plastice folosite în confecţionarea elementelor de rezistenţă a pereţilor sunt materiale termoplaste si materiale termorigide.

Materialele termoplaste au proprietatea de a se deforma la cald, revenind la starea iniţială în urma răcirii. Din această grupă fac parte: P.V.C., polistirenul, acetatul de vinil, compuşii poliacrilici (Plexiglas).

Aceste mase plastice pot fi rigide, semirigide sau elastice şi se prelucrează prin: injectare, calcinare şi extrudere, ambutisare sau modelare în vid.

Materialele termorigide, care au o mare coeziune moleculară, se prelucrează prin modelare sub presiune şi aplicare cu pistolul. Din această grupă fac parte: melamina, poliuretanii, poliesteri care se folosesc armaţi cu fibră de sticlă.

Produsele curent folosite în alcătuirea scheletului panourilor sunt: poliesterii armaţi cu fibră de sticlă, P.V.C-ul (profile, foi cutate sau ondulate) şi polimetacrilatul de metil (plăci).

Miezul termoizolant al panourilor poate fi realizat în mai multe moduri. Materialele termoizolante alcătuite din spume de materiale plastice (polistiren celular, policlorura de vinil rigidă, poliuretan), comparativ cu cele minerale (vată minerală) sau vegetale (plută expandată), au o densitate aparentă mult mai mică, se prelucrează şi se pun în operă cu uşurinţă.

Pereţii se execută cu structură omogenă , polistirenul expandat este bordat cu elemente din P.V.C. sau cu structură stratificată, având la mijloc miez termoizolant.

În cazul unui panou sandviş, straturile portante de la exterior şi interior sunt realizate din ţesătură de mase plastice pe bază de polistiren şi protejate antifoc cu plăci de ipsos. Miezul termoizolant, din hârtie ignifugată, poate avea formă de fagure. Între aceste straturi groase de termoizolatie se interpun straturi de rigidizare a miezului. Straturile exterioare ale panoului, cu functiuni de protectie si finisaj, au culori si texturi diferite. Această soluţie prezintă avantajul unei bune izolări termice şi fonice, o întreţinere uşoară şi ieftină.

19.7. PEREŢI DIN SCHELET ŞI PLĂCI DIN IPSOS ARMAT

Pereţii de compartimentare sunt alcătuiţi din schelet (lemn sau metal-profil economic) dublu sau simplu şi plăci din ipsos-carton la exterior. Izolaţia se introduce în spaţiul interior. Aceşti pereţi despărţitori au greutate redusă, productivitate marită, timp scurt de executie, montaj simplu şi uşor, şi asigură flexibilitate funcţională.

Funcţie de exigenţele funcţionale (înălţimea peretelui), acustice, protecţie la foc şi termice (la gradient mare de temperatură), pereţii pot fi:

- cu schelet simplu şi un rând sau două de placi din ipsos- carton;
- cu schelet dublu cu doua rânduri de plăci de ipsos carton cu sau fără placă intermediară.

Tehnologia de montaj a acestor pereţi este simplă , rapidă, şi constă în:

- trasarea pereţilor pe elementele de rezistenţă (pereţi, planşee, stâlpi);
- fixarea scheletului prin intermediul diblurilor şi şuruburilor (rigle de contur şi montanţi verticali);
- fixarea plăcilor de ipsos-carton pe una din feţele peretelui;
- montarea izolaţiei,care se realizeaza funcţie de exigenţele acustice si termice, dar şi de protecţia la foc;
- placarea dubla, impusa de exigenţele acustice şi de protecţie la foc, va avea rosturile dintre plăcile de ipsos-carton din primul rând etanşate iar cele din rândul al doilea decalate;
- prinderea plăcilor de schelet, care se face cu ajutorul şuruburilor de montaj rapid;
- forma şi îmbinarea rosturilor, ce permite armarea materialului de etanşare.

Pereţii despărţitori din schelet şi plăci de ipsos-carton pot fi cu şi fără instalaţii înglobate.

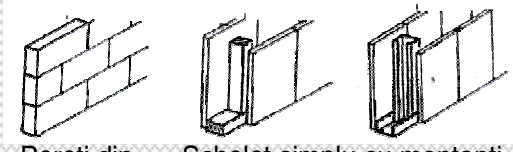
În pereţi pentru instalaţii se înglobează trasee de instalaţii şi se includ elemente de susţinere ale obiectelor sanitare (lavoar, boiler şi wc în consolă). Pereţii pentru instalaţii au o structură metalică suplimentară, pentru preluarea încărcărilor din obiectele sanitare cu greutăţi mari.

Structura suplimentară a fost dimensionată pentru a prelua greutatea obiectelor sanitare poziţionate în consolă.

În cadrul acestor pereţi pentru instalaţii, profilele introduse suplimentar sunt rigidizate pe înălţime cu plăcuţe.

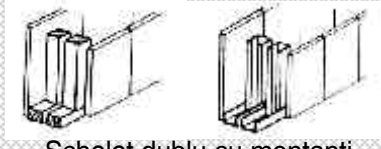
PEREŢI INTERIORI AUTOPORTANŢI

Pereţi cu schelet şi plăci din ipsos-carton



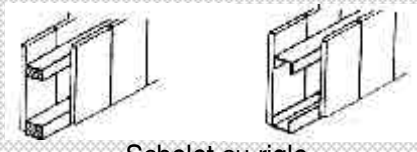
Pereţi din zidărie | Schelet simplu cu montanţi din lemn | din metal

Pereţi cu schelet şi plăci din ipsos-carton



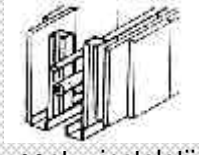
Schelet dublu cu montanţi din lemn | din metal

Pereţi cu schelet şi plăci din ipsos-carton



Schelet cu rigle din lemn | din metal

Pereţi cu schelet şi plăci din ipsos-carton

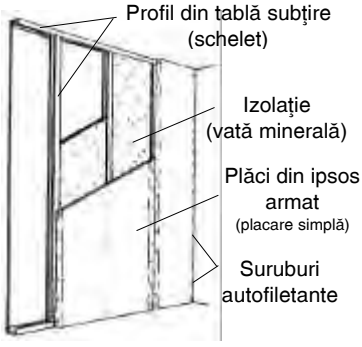


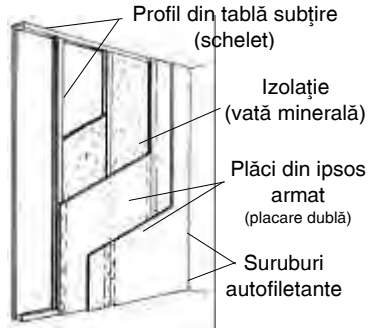
pentru instalaţii

Fig. 19.6 Schema pereţilor interiori autoportanţi de compartimentare.

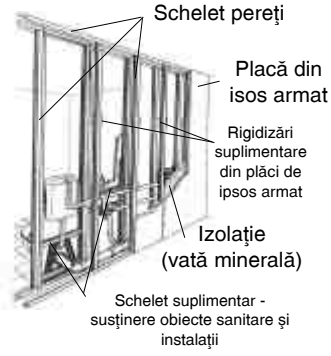
Pereți interiori cu schelet și plăci din ipsos armat

Perete interior autoportant cu placare simplă şi dublă

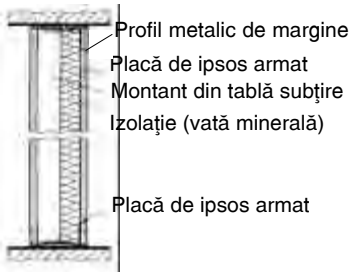


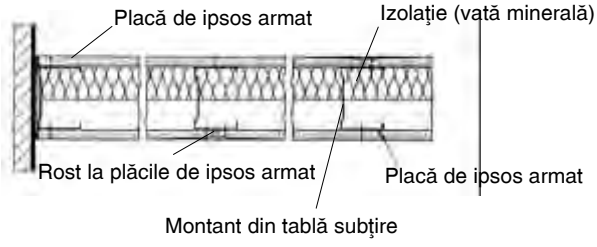


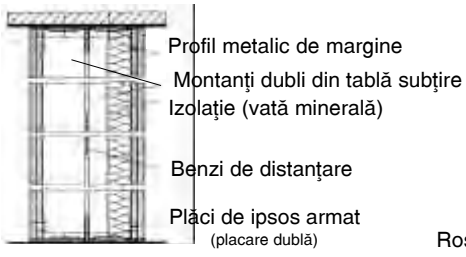
Perete ce adăposteşte instalaţii

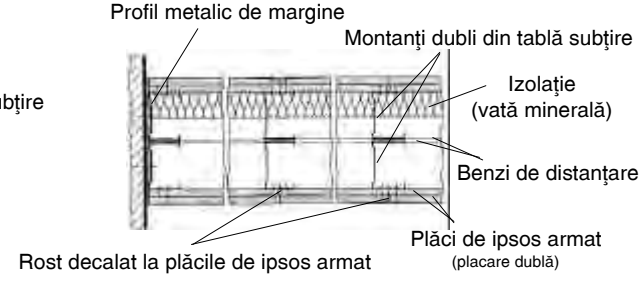


Perete autoportant cu schelet şi placare simplă









Determinarea greutăţii corpurilor grele (P) agăţate de pereţii din schelet şi plăci

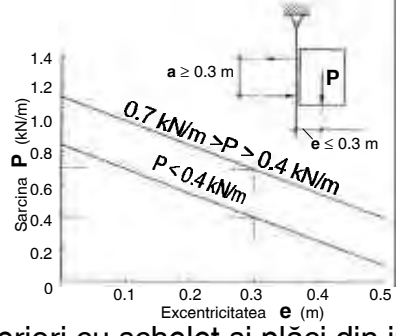


Fig. 19.7 Pereţi interiori cu schelet și plăci din ipsos armat (simpli și dubli)

În funcţie de greutatea obiectelor sanitare, structura suplimentară se fixează în pardoseală.

Montajul pereţilor pentru instalaţii se realizează prin:

- fixarea instalaţilor;
- placarea unei feţe a peretelui cu plăci de ipsos-carton;
- pozarea izolaţiei fonice, în spaţiile libere, pentru atenuarea zgomotului din instalaţii;
- placarea pe cealaltă faţă a peretelui cu plăci din ipsos-carton.

În peretele existent se realizează un spatiu pentru intervenţia specialistului, în vederea remedierii unor defecţiuni.

Capitolul

20

PEREŢI EXTERIORI TIP CORTINĂ

20.1. GENERALITĂŢI

Faţadele uşoare prefabricate sunt alcătuite dintr-o structură de rezistenţă proprie şi elemente de umplutură. Acestea se caracterizează prin grosime şi greutate redusă.

Cele mai răspândite tipuri de faţade uşoare sunt pereţii-cortină şi panourile de faţadă (fig.20.1.III).

Peretele-cortină este un perete uşor, suspendat la exteriorul structurii de rezistenţă a clădirii (fig.20.1.II).

Acest tip de perete nu depinde, din punct de vedere dimensional, de exteriorul clădirii, comparativ cu panoul de faţadă care este modulat după traveele structurii de rezistenţă, deoarece se fixează între elementele acesteia.

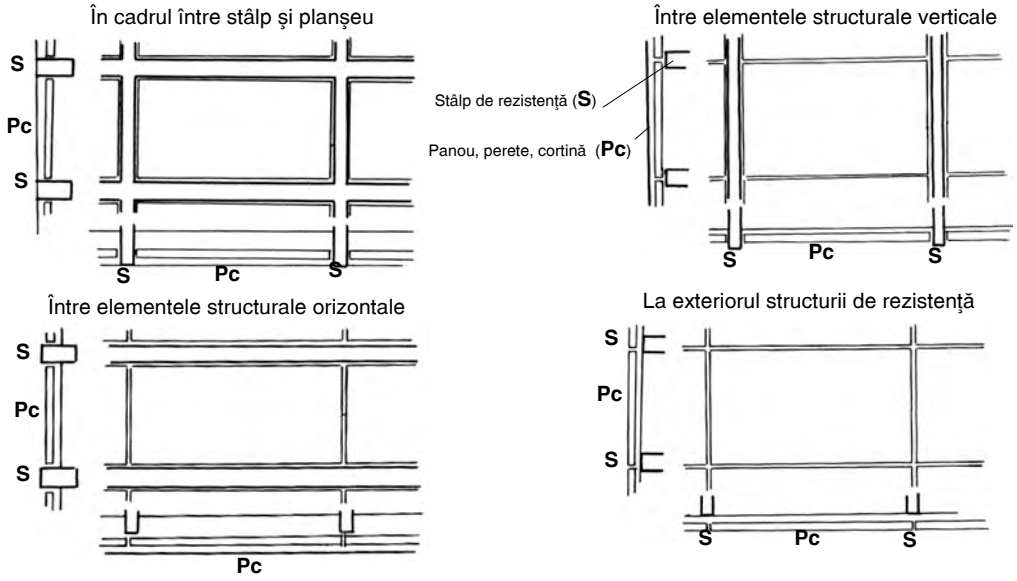
Alcătuire constructivă

Peretele-cortină se compune din următoarele elemente (fig.20.2):

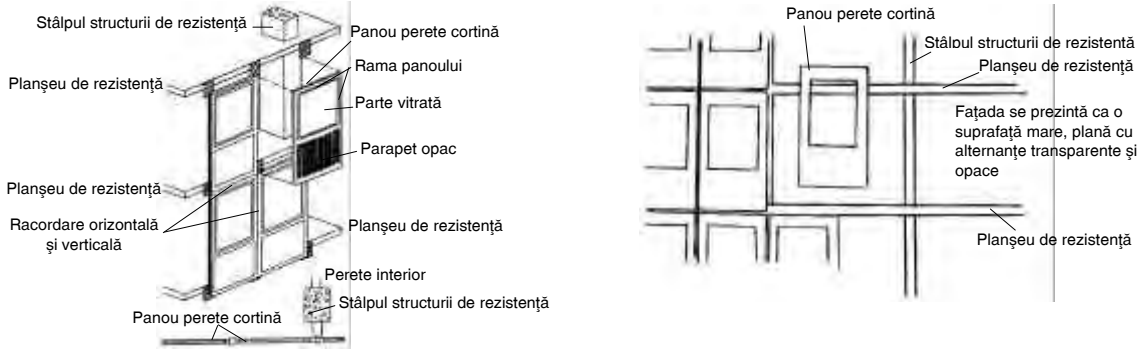
- stratul exterior, decorativ şi de etanşare, care poate fi realizat din sticlă emailată, tablă de oţel emailată, tablă şi aluminiu şi, în proporţie mai redusă, azbociment tablă galvanizată sau tablă inoxidabilă;
- izolaţia termică - din polistiren celular, spumă de sticlă, produse minerale;
- bariera de vapori se realizează cu folii sintetice, lacuri, vopsele;
- stratul interior se execută, de cele mai multe ori, din tablă galvanizată, plăci de azbociment, plăci aglomerate din lemn, tablă de aluminiu;

Pereţi cortină

I. Pozarea panourilor în raport cu structura de rezistenţă



II. Montarea panourilor la pereţii cortină



III. Închiderea clădirilor cu panouri de faţadă şi panouri perete

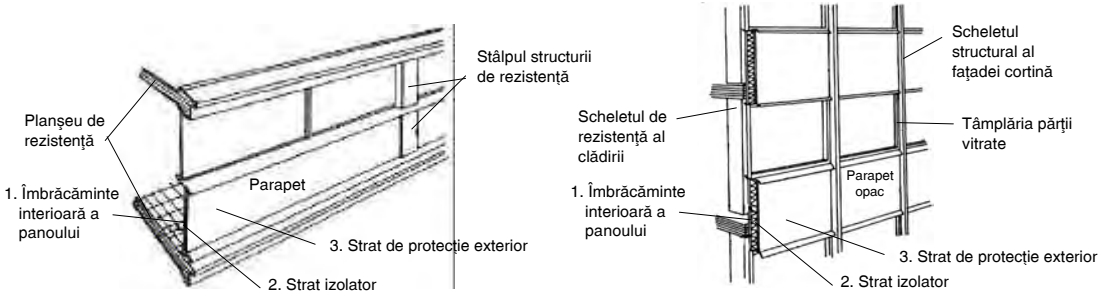


Fig. 20.1 Pereţi cortină. Pozarea panourilor (I). Montarea panourilor cortină (II). Tipuri de fatade (III)

- ramele panourilor sunt alcătuite, la clădirile de locuit, în mare proporţie, din aluminiu sau oţel;
- etanşarea panourilor se face cu masticuri, profile din cauciuc şi din materiale plastice.

20.2. COMPORTAREA LA ACŢIUNI EXTERIOARE

Comportarea la acţiunea diferitelor solicitări la care sunt supuşi peretii-cortină, în cursul exploatării (sarcinile climatice, acţiunea chimică a mediului înconjurător, zgomotul, umiditatea, focul), impun rezolvarea unor probleme noi în comparaţie cu pereţii tradiţionali.

Acţiunea vântului constituie încărcarea principală pe care o preiau pereţii-cortină.

Preluarea presiunii şi a sucţiunii vântului se realizează prin legăturile de ancorare a faţadei uşoare de structura clădirii (fig.20.3).

Paramentului exterior al panourilor, alcătuit din plăci de grosime mică, trebuie să i se asigure un grad de rigiditate la acţiunea vântului. Aceasta se realizează prin elemente de consolidare sau printr-o geometrie eficientă (ondulat, cutat) la încovoiere.

Altă solicitare dominantă a acestor pereţi, comparată cu cei tradiţionali, este variaţia de temperatură. Această sensibilitate caracteristică faţadelor uşoare se explică prin faptul că în alcătuirea lor intră materiale cu greutate redusa, cu coeficient de dilatare ridicat (la aliajele de aluminiu, coeficientul de dilatare fiind dublu, în comparaţie cu cel al oţelului). Pentru preluarea deformaţiilor liniare produse de temperatură, la îmbinările dintre două elemente metalice liniare, se prevede un manşon fixat rigid în interiorul unuia din elemente, pe care poate culisa liber cel de al doilea element. In cazul dilatarii împiedicate, în elemente apar eforturi care pot produce ruperi sau flambări ale acestora.

Acţiunea calorică a radiaţiei solare asupra pereţilor uşori, a căror capacitate de acumulare este redusă, impune măsuri speciale pentru asigurarea confortului termic. Aceste măsuri sunt determinate de:

- limitarea cantităţii de energie calorică transmisă;

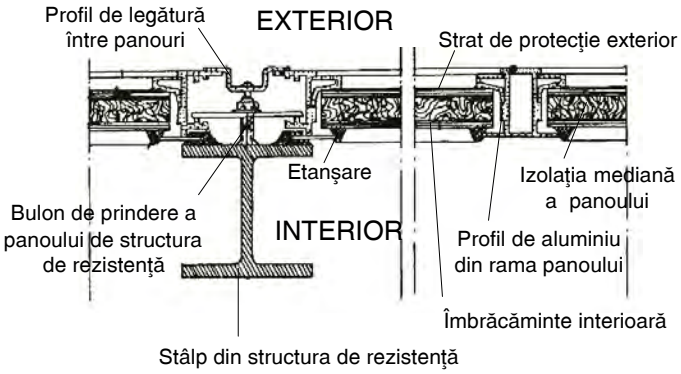
- întârzierea procesului de transmitere prin folosirea suprafeţelor opace ;

-folosirea, la exterior, a materialelor capabile să reflecte o parte a energiei calorice datorita radiaţiei solare(aluminiu oxalat) sau a panourilor ventilate.

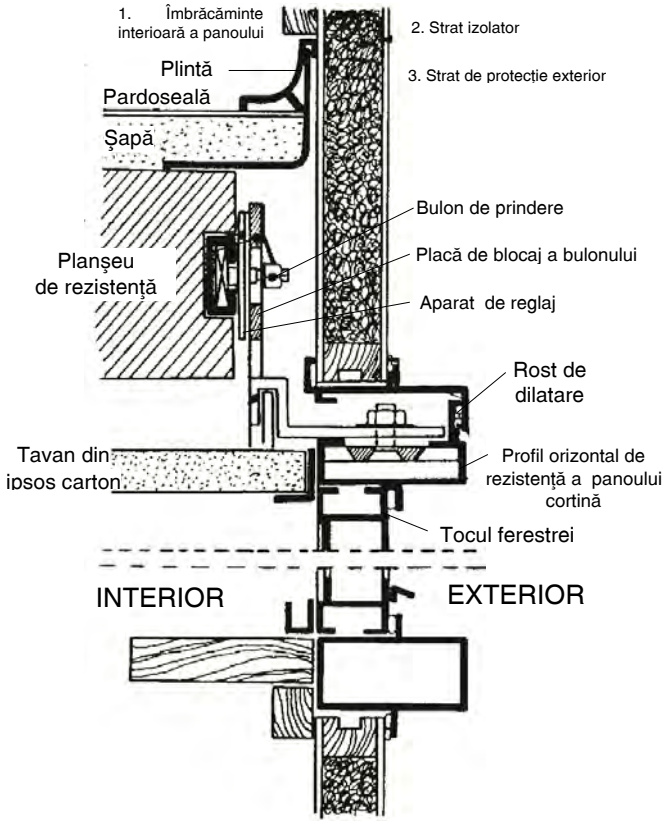
Pentru combaterea acţiunii calorice a radiaţiei solare, la pereţii-cortină se pot folosi următoarele mijloace: condiţionarea aerului în interiorul încăperilor, orientarea (spre nord sau sud) a faţadelor, folosirea geamurilor transparente duble, a geamurilor termoasbsorbante, simple sau duble, a geamurilor stratificate reflectante şi a ecranelor de protecţie.

Pereţi cortină. Secţiuni. Detalii

Secţiune orizontală



Secţiune verticală



Faţadă cu pereţi cortină
Secţiune verticală

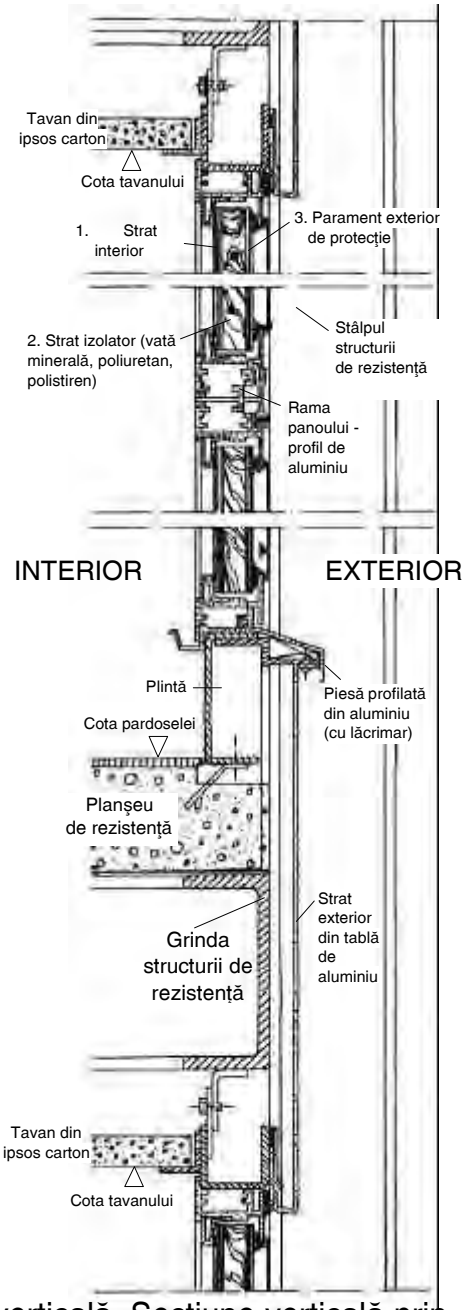


Fig. 20.2 Pereţi cortină. Secţiune orizontală şi verticală. Secţiune verticală prin închiderea exterioară

Ecranele de protecţie se folosesc la exteriorul clădirii cu scopul ca radiaţia solară să nu ajungă pe suprafaţa faţadei. Acestea se realizează prin scoaterea în consolă a planşeelor sau prin prelungirea spre exterior a plinurilor dintre ferestre. Ecranele se folosesc si ca elemente constructive distinctive, care se montează pe faţadă.

Pentru reglarea radiaţiei solare şi a luminozităţii se pot prevedea ecrane mobile. Ecranele de protecţie permit reducerea instalaţiilor pentru condiţionarea aerului, care prezinta dezavantajul de a fi costisitoare.

În afară de acţiunea calorică, radiaţia solară mai are şi o acţiune fotochimică, ce se manifestă prin alterarea culorilor şi îmbătrânirea maselor plastice. Din această cauză, trebuie creată posibilitatea înlocuirii materialelor degradate.

Coroziunea atmosferică este importantă la structurile metalice ale pereţilor-cortină, diferenţiindu-se după tipurile de atmosferă: marină, industrială, urbană, rurală.

Coroziunea galvanică (datorită cuplurilor galvanice între 2 metale cu potenţiale electrice diferite) este preîntâmpinată prin separarea, cu materiale slab conducătoare de electricitate (neopren), a contactului dintre aluminiu-aramă; zinc-aramă; oţel neprotejat-aramă; oţel neprotejat-aluminiu.

20.3. ETANŞEITATEA

Această exigenţă trebuie asigurată în caz de ploaie, zăpadă, praf şi vânt.

Problema etanşeităţii la faţadele uşoare este una dintre cele mai delicate din punct de vedere tehnic, deoarece pune probleme de alcătuire şi de impermeabilizare a rosturilor.

Rosturile prin care poate pătrunde apa şi aerul sunt cele de la nivelul racordărilor dintre elementele structurii metalice a peretelui-cortină, elementele structurii metalice şi de umplutură, părţile fixe şi de umplutură ale tâmplăriei.

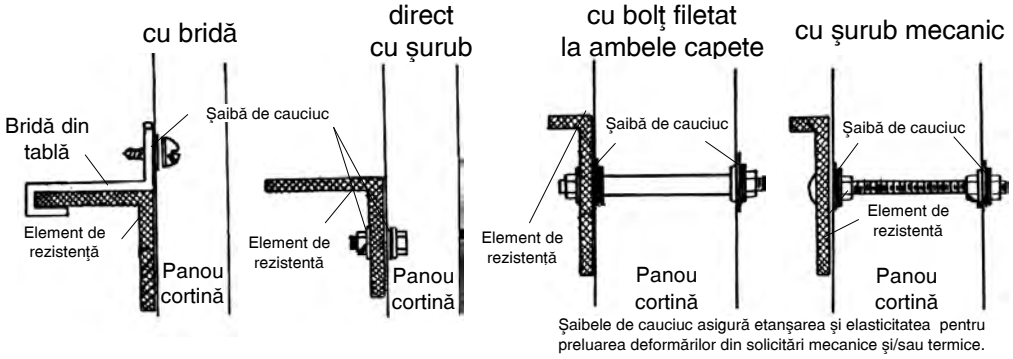
O condiţie a legăturilor din rosturi este aceea ca ele trebuie să rămână elastice în timp şi să permită deplasarea relativă a elementelor peretelui-cortină, supuse tasărilor, eforturilor alternate ale vântului, precum şi contracţiilor termice (fig.20.2).

Produsele de etanşare se clasifică în:

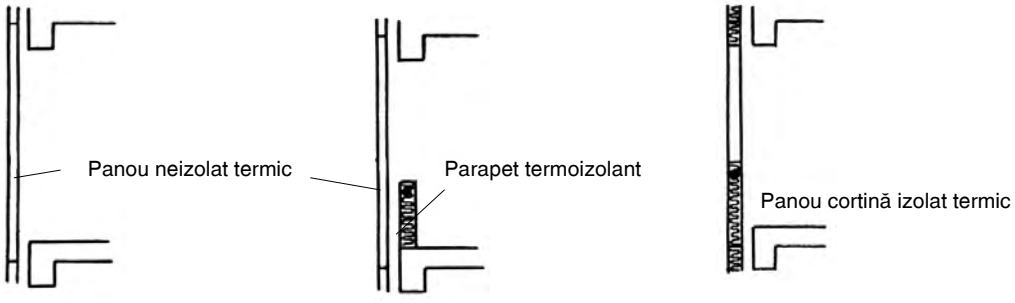
- produse care actionază prin aderenţă, din care fac parte: produsele în formă de pastă şi cimenturile elastice (cauciuc sintetic);
- materiale care lucrează la compresiune, din care fac parte: materialele celulare (spume pe bază de cauciuc sintetic) şi materiale profilate (elastomeri şi plastomeri).

Pereţi cortină

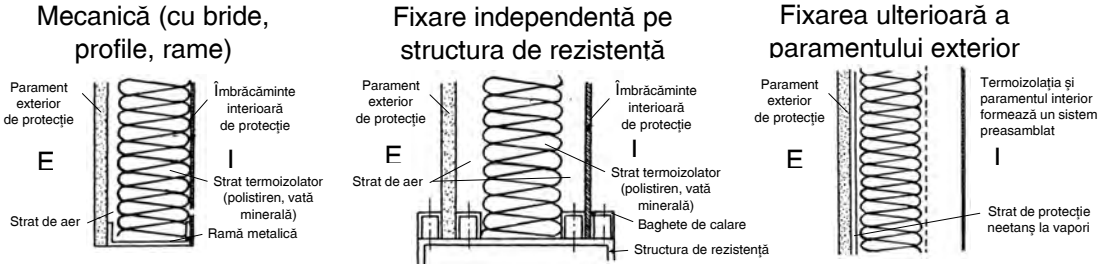
Fixarea panourilor cortină (din tablă neizolată termic) pe structura de rezistenţă



Izolare termică la pereţi cortină



Asamblare componente panouri



Pozarea panourilor în raport cu montanţii peretelui cortină

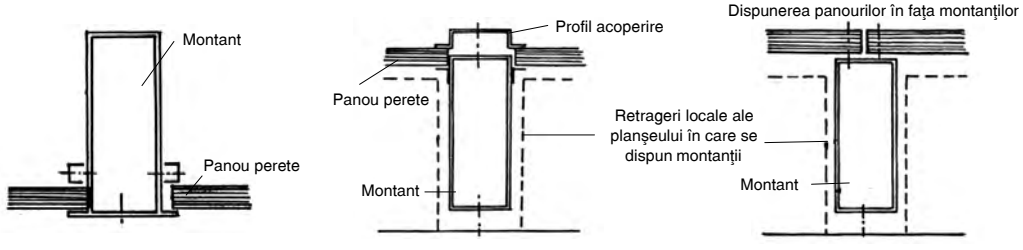


Fig.20.3 Pereţi cortină. Fixarea mecanică a panourilor. Izolarea termică. Asamblarea componentelor. Dispunerea panourilor în raport cu montanţii

20.4. COMPORTAREA HIGROTERMICĂ

La proiectarea pereţilor-cortină, una din problemele principale o constituie determinarea rezistenţei reale la transmisie termică (fig.20.3). Aceasta se poate realiza numai dacă se ţine seama de fluxul termic al elementelor pline ale faţadei, ale scheletului metalic şi al structurii de rezistenţă a clădirii.

Scheletul metalic al pereţilor-cortină poate prezenta punţi termice importante, la nivelul cărora se pot produce fenomene de condens; acestea sunt evitate în măsura în care sunt suprimate profilele ce traversează grosimea panoului.

Inerţia termică a faţadelor uşoare constituie o problemă esenţială în asigurarea confortului termic.

Capacitatea calorică redusă a faţadelor uşoare poate fi compensată de capacitatea de absorbţie a pereţilor interiori şi a planşeelor, cu condiţia ca acestea să fie masive şi să nu fie căptuşite cu materiale izolante (termice sau fonice), ce reduc capacitatea de absorbţie.

Problema asigurării confortului termic la clădirile cu pereţi-cortină este deosebită, din cauza alcătuirii lor eterogene: suprafeţe vitrate mari şi masă redusă.

20.5. IZOLAŢIA ACUSTICĂ

Exigenţa acustică îşi măreşte eficacitatea, dacă:

- se asigură, pe cât posibil, izolarea fonică a părţilor vitrate;
- se evită ca punctele de îmbinare să nu prezinte "punţi fonice";
- se are în vedere faptul că nu poate fi mărit esenţial efectul fonic, prin utilizarea de materiale grele pentru părţile opace.

Problema izolării fonice aferentă părţii vitrate a pereţilor este una dintre problemele cele mai complexe în arhitectura clădirilor.

Sticla constituie un perete transparent de lumină şi, de obicei, foarte subţire; aşadar, ea este comparată cu o piele de tobă. Un grad de izolaţie fonică (urmărind, concomitent, şi o izolaţie termică) se obţine prin ferestrele duble, cu geamurile distanţate la minimum 2 cm. E recomandabil să fie asociate cu geamuri de grosimi diferite.

Geamul cel gros se amplasează în partea de unde vine zgomotul. În cazul în care se folosesc geamuri simple pentru izolaţie fonică, grosimea acestora va fi de 8...10 mm sau 10...12 mm.

Şocurile primite direct de pereţii-cortină (spre exemplu zgomotul ploii sau al grindinii) pot fi atenuate pe părţile pline ale faţadei, prin prevederea de materiale fonoabsorbante cât mai apropiate de locurile de impact. Părţile vitrate nu pot fi protejate decât de o pernă de aer situată între două geamuri.

20.6. REZISTENŢA LA FOC.

În caz de incendiu, principalele funcţiuni ale peretelui exterior sunt:

- limitarea extinderii focului în interiorul clădirii;
- împiedicarea propagării focului între etaje;
- împiedicarea propagării focului în clădirile adiacente.

Ferestrele reprezintă zone de protecţie nulă împotriva focului.

În cazul pereţilor-cortină, este necesară folosirea unor materiale rezistente la foc - pentru elementele componente ale faţadelor - şi fixarea lor în structura de rezistenţă, eventual, la nevoie, utilizarea unor perdele de apă care să se opună trecerii focului şi care să limiteze temperatura.

20.7. MONTAJUL PEREŢILOR CORTINĂ

Componentele pereţilor-cortină pot fi asamblate prin lipire, pe cale mecanică sau independent.

Cele trei straturi ale pereţilor uşori se asamblează prin lipire, când stratul de izolare termică este rigid şi când plăcile interioare şi exterioare oferă o bună suprafaţă de lipit cu miezul. Lipirea se realizează cu cleiuri rezistente la umezeală. Dacă miezul termoizolant este permeabil la vapori, apare necesară introducerea unei bariere de vapori între faţa interioară şi miez (fig.20.3).

Asamblarea mecanică, pe contur, a celor trei straturi se efectuează în cazul straturilor termoizolante cu rezistenţă mecanică redusă. Această asamblare se realizează prin ambutisare sau îmbulonare, prin adăugarea/ neadăugarea unor profile auxiliare.

Pentru o comportare termică favorabilă a peretelui, va fi asigurată ventilarea termoizolaţiei, prin circulaţia aerului între stratul termoizolant şi parametrul exterior.

Montarea independentă a celor 3 elemente în structura de rezistenţă a peretelui poate fi realizată, prin asigurarea unei circulaţii a aerului, în special atunci când paramentul exterior este executat din sticlă.

Panourile de închidere pot fi dispuse în raport cu montanţii: la limita interioară, între sau în faţa montanţilor (fig.20.3). Dispunerea la limita interioară a montanţilor este dezavantajoasă, deoarece oferă posibilitatea creării punţilor termice. Pozarea panourilor între sau în faţa montanţilor rezolvă parţial sau total problema punţilor termice, dar măreşte distanţa la care se găsesc panourile în faţa planşeelor, creând astfel dificultăţi în separarea şi izolarea fonică a pereţilor (fig.20.1).

Caracteristicile principale ale pereţilor-cortină, indiferent de tipul lor, sunt următoarele:

1. Se pretează la o uzinare completă, în serii mari, în întreprinderi care asigură o execuţie riguros controlată.

2. Asigură o reducere importantă a consumului de manoperă pe şantier şi o scurtare a duratei de execuţie.

3. Unele soluţii permit montarea din interiorul clădirii ceea ce conduce la suprimarea cheltuielilor legate de schele, iar execuţia lucrărilor se poate desfăşura independent de condiţiile meteorologice.

4. Grosimea redusă a pereţilor-cortină sporeşte suprafaţa utilă a încăperilor.

5. Grosimea redusă a pereţilor permite o rezolvare mai economică a structurii de rezistenţă a clădirii şi a fundaţiilor, fapt ce determină o reducere importantă a costului transportului de materiale.

6. Pereţii-cortină pot fi înlocuiţi, parţial sau total.

7. Cheltuielile de întreţinere, la acest tip de pereţi, sunt mult mai reduse decât cele pe care le presupun clădirile tradiţionale, deoarece acestia sunt alcătuiţi, la exterior, din materiale neporoase, care nu reţin praful şi apa, nu favorizează fixarea şi dezvoltarea microorganismelor; întreţinerea lor constand , în general, în spălarea periodică.

8. Oferă posibilităţi noi de tratare a faţadelor din punct de vedere arhitectural, într-o amplă gamă de soluţii, punând la dispoziţia arhitectului o mare varietate de materiale (sticlă, metal, email), culori, ca şi posibilităţi de rezolvare a reliefului faţadelor.

Capitolul

21

ELEMENTE SPAŢIALE

21.1 GENERALITĂŢI

Sistemele de elemente spaţiale pe bază de beton sau alte materiale se pot aplica la clădirile-parter sau etajate.

Elementul spaţial reprezintă o unitate structurală tridimensională a clădirii, prefabricată integral în uzină.

Sistemele cu elemente prefabricate au intrat relativ recent în competiţia industrializării, sub diverse denumiri: "sisteme tridimensionale", "elemente volumetrice", folosind cele mai variate materiale şi tehnologii.

Din punct de vedere a posibilităţilor de asamblare a elementelor spaţiale se pot realiza clădiri civile cu următoarele destinaţii: locuinţe, hoteluri, clădiri în staţiuni balneoclimaterice, birouri de organizare de şantier, cămine, spitale.

Din punct de vedere al posibilităţilor de prefabricare, al transportului, depozitării şi montării ,soluţiile cele mai adecvate trebuie alese printr-un studiu tehnico-economic competent şi comparativ.

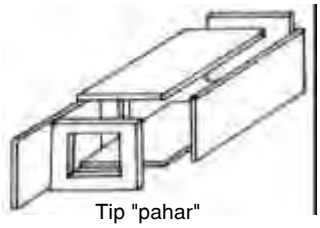
La concepţia şi execuţia elementelor spaţiale pentru clădiri de locuit şi-au adus contribuţia mai multe ramuri ale industriei, nu numai industria construcţilor, bazată pe realizarea prefabricatelor din beton armat. În unele ţări dezvoltate, execuţia acestor elemente prefabricate spaţiale se realizează şi din metal, lemn, materiale plastice.

Avantajele elementelor spaţiale

Avantajele clădirilor din elemente spaţiale sunt: reducerea volumului de manoperă, industrializarea lucrărilor de finisaj şi instalaţii, reducerea greutăţii totale a clădirii (cu 15...25%), asigurarea unui confort termic şi fonic superior elementelor tradiţionale, asigurarea unei substanţiale reduceri a duratei de execuţie.

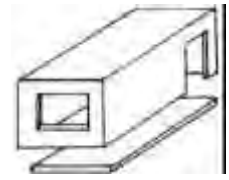
Elemente spaţiale
Tipuri

Panouri mari separate



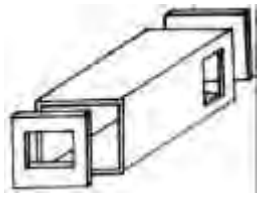
Panouri mari şi schelet

Tip "calotă"

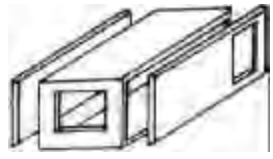


Tip "pahar"

Tubulare

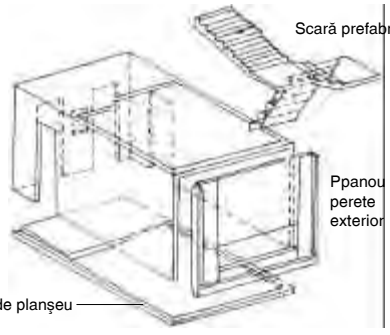


Inelare

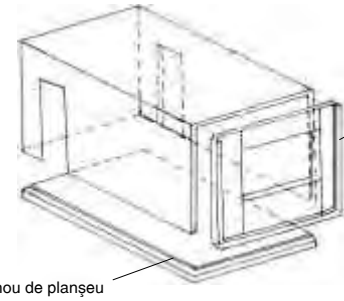


Elemente spaţiale tip calotă

Element casa scării

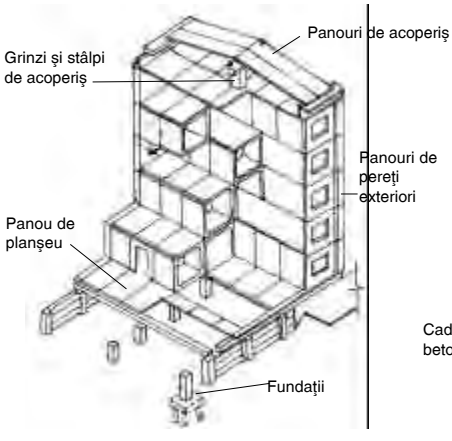


Element curent

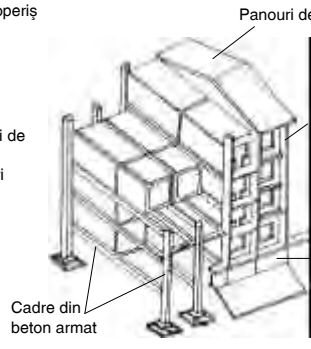


Clădiri alcătuite din elemente spaţiale

Elemente spaţiale inelare



Elemente spaţiale tip "pahar" cu tavan din panouri prefabricate



Elemente spaţiale tubulare

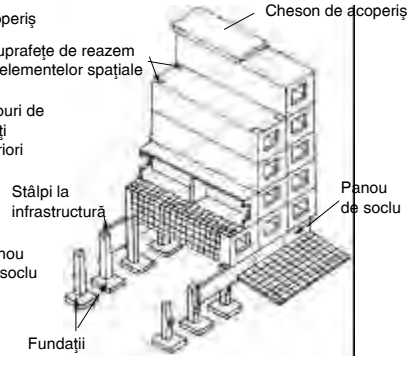


Fig. 21.1 Elemente spaţiale din beton armat.

Sistemele constructive cu elemente spaţiale prefabricate din beton armat se prezintă în diferite soluţii, atât din punct de vedere al tipurilor de elemente spaţiale proiectate şi cofecţionate cât şi din punctul de vedere al modului de asamblare al acestora în cadrul structurii de rezistenţă al clădirilor (fig.21.1).

Rosturile elementelor spaţiale

În rosturile de faţadă a clădirilor din elemente spaţiale trebuie realizată o continuitate funcţională a faţadei în condiţiile preluării deformaţiilor şi abaterilor dimensionale.

Exigenţele funcţionale ale rosturilor de faţadă sunt:

- asigurarea legăturii elementelor adiacente între ele cât şi de structura clădirii;
- asigurarea unui spaţiu minim pentru ca modificările dimensionale să se desfăşoare neîmpiedicat în exploatare;
- compensarea diferitelor abateri dimensionale de confecţionare, care apar în limitele unor toleranţe admisibile;
- garantarea spaţiului necesar între elementele spaţiale pentru uşurarea montajului şi demontării în caz extrem;
- etanşeitate la vânt, apă;
- transmiterea solicitărilor statice şi dinamice datorită încărcărilor exterioare;
- ameliorarea punţilor termice;
- realizarea unor faţade estetice, unitare.

21.2.CONCEPŢIA CLĂDIRILOR DIN ELEMENTE SPAŢIALE

Problemele principale în concepţia clădirilor din elemente spaţiale sunt (fig. 21.1, 21.2, 21.3):

- alegerea elementelor performante care prin asamblare să realizeze structuri antiseismice şi funcţionale;
- analiza exigenţelor îmbinărilor între elementele spaţiale prin selectarea principiilor de alcătuire, tehnologie de confecţionare şi montaj a acestor îmbinări;
- alcătuirea de detaliu a îmbinărilor în legătură cu tehnologia de confecţionare şi montaj;
- studiul finisării elementelor spaţiale (în fabrică sau pe şantier).

Tipuri de elemente spaţiale

Formele de prefabricare a elementelor spaţiale pot fi diverse, şi anume: tip "pahar", tubulare sau inelare. (fig. 21.1)

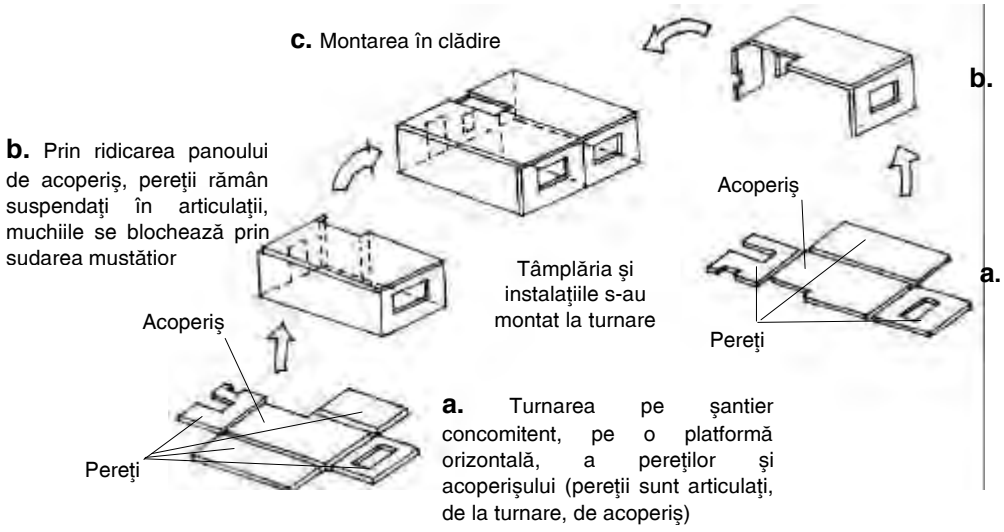
Clădirile pot fi alcătuite din elemente spaţiale tubulare sau inelare, care se descarcă între ele, cu faţadele alcătuite din panouri mari prefabricate. De asemenea, pot fi compuse din elemente spaţiale tip "pahar", care transmit sarcinile unui schelet din cadre prefabricate.

Vor fi descrise mai jos o serie de sisteme de elemente spaţiale.

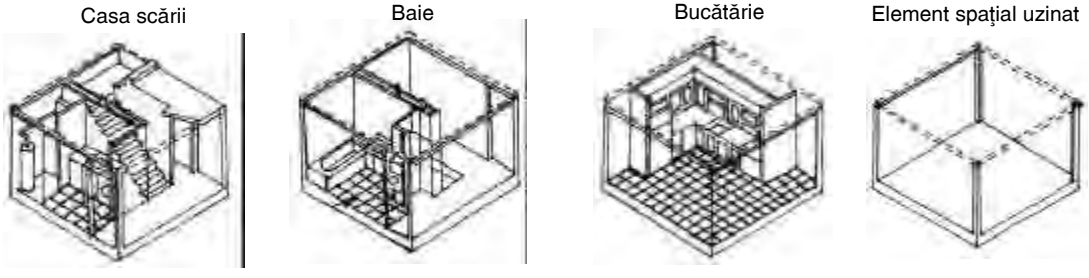
- Elemente spaţiale inelare care sunt alăturate prin alternare în ambele sensuri orizontal şi vertical. Acest element spaţial are forma unui cadru

Elemente spaţiale

Element spaţial cu părţile componente turnate pe o platformă orizontală



Tipuri de elemente spaţiale



Un element spaţial poate fi pozat între celelalte oricum, obţinându-se clădiri până la trei nivele

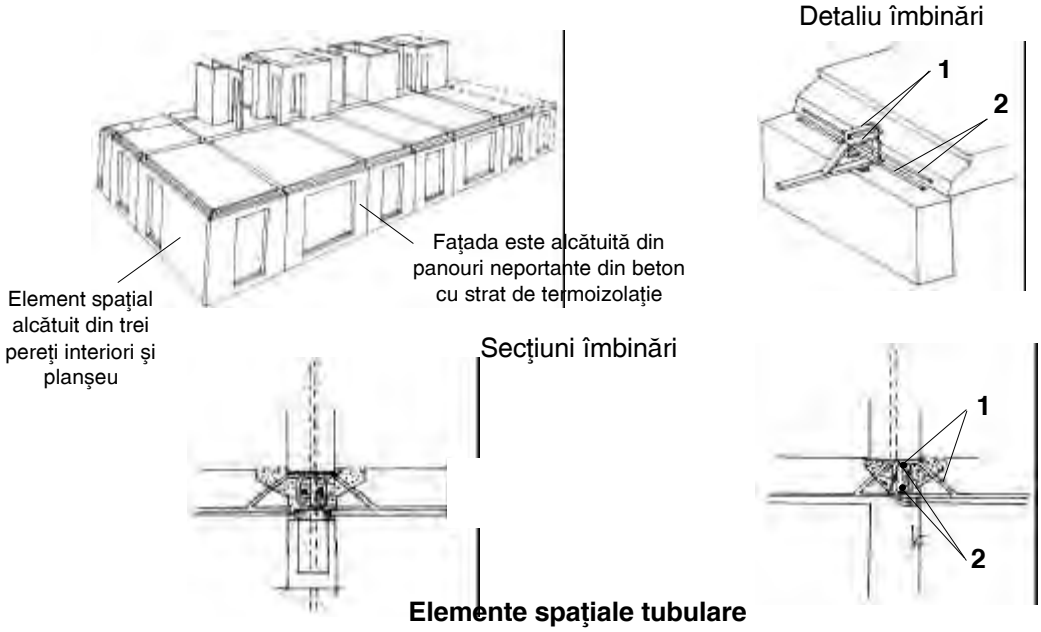
Apartament cu două nivele

Posibilităţi de asamblare (case individuale, blocuri de locuit, case de vacanță, cămine)

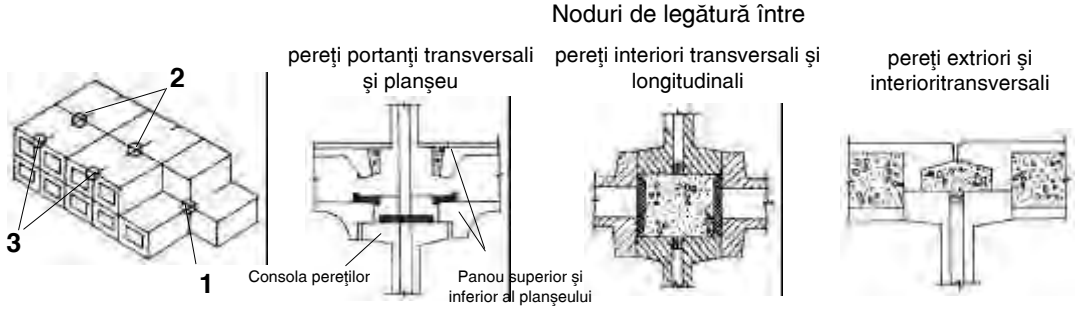
Fig.21.2 Elemente spaţiale. Turnate pe platformă orizontală. Tipuri. Asamblare.

Elemente spaţiale

Elemente spaţiale combinate cu panouri mari



Elemente spaţiale tubulare



Elemente spaţiale din cadre rectangulare închise

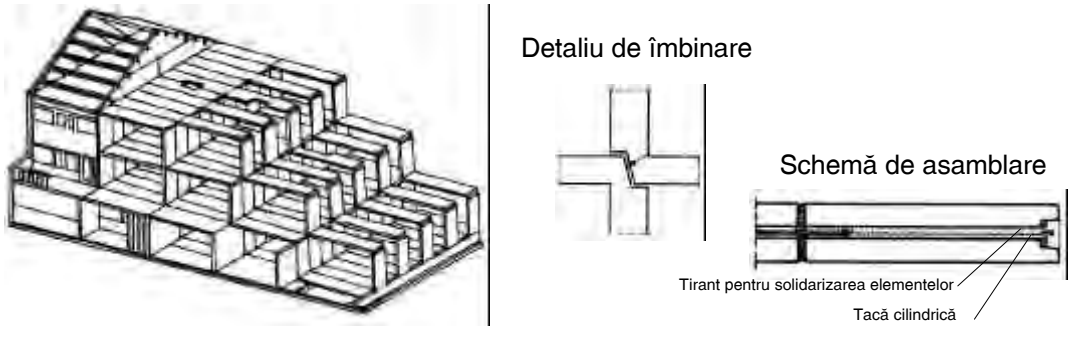


Fig. 21.3. Elemente spaţiale: ombinate cu panouri mari; tubulare; din cadre rectangulare închise

rectangular închis. Ele se dispun în şah, datorită faptului că o celulă din două nu reprezintă decât spaţiul gol delimitat de cele două celule laterale vecine, ca şi de celulele superioară şi inferioară.

Elementele spaţiale au lăţimea 0,90...1,25 m, iar lungimea şi înălţimea lor corespund dimensiunilor unei camere, se asamblează cu tiranţi (având exclusiv rol de solidarizare), formând cutii rigide. Cablurile cu care se postîntind elementele trec prin găuri prevăzute în aceste elemente şi în şanţurile muchiilor.

Acest sistem prezintă avantajul unui număr redus de tipuri de elemente prefabricate şi o execuţie rapidă. Dezavantajul său provine din aspectul monoton, cât şi din dificultăţile realizării legăturilor în zonele seismice.

- Cu ajutorul unor elemente spaţiale (3 pereţi şi o placă acoperiş) turnate pe o platformă orizontală (fig.21.2) - după întărire, prin ridicarea acoperişului, pereţii rămân suspendaţi - s-a alcătuit structura unui bloc cu 12 etaje. Clădirea, având 200 apartamente, a fost montată în 14 zile. Elementele spaţiale sunt alcătuite din beton uşor. Îmbinările în clădire s-au realizat prin sudură şi betonare, ca la panourile mari. Din punct de vedere al costului (datorită posibilităţii de prefabricare la faţa locului), clădirea a rezultat mai ieftină cu 5% dacât în tehnologia cu cofraj glisant.
- Un alt sistem, îl constituie elementele spaţiale, cu miez dintr-un polimer expandat.

Elementele spaţiale sunt lipite cu ajutorul unor polimeri. Clădirea capătă astfel o structură rigidă.

Sistemul menţionat beneficiază de un domeniu de folosire cu o remarcabilă diversitate arhitecturală, prin asamblarea de elemente spaţiale în clădiri cu unul, două sau trei nivele.

Elementele pot fi asamblate sub formă de clădiri de locuit colective, case individuale, case de vacanţă, cămine.

Sistemul este modulat spaţial astfel încât orice element simplu poate fi pus în poziţia asamblat cu altele sau rotit în orice mod în structura cu trei nivele. Flexibilitatea sistemului oferă posibilitatea alcătuirii a numeroase tipuri de partiuri, prin varietatea numărului de camere şi preiau adăugarea de elemente spaţiale pentru garaje sau terase.

Dezavantajul acestui sistem apare la transportul şi montajul elementelor spaţiale cu dimensiuni mari.

- Au fost realizate clădiri de locuit colective, cu sistem combinat, folosind elemente spaţiale şi panouri mari din beton greu. (fig.21.3)

În cadrul acestui sistem, s-au utilizat 3 tipuri de elemente prefabricate: pentru camere (11 t), băi (10 t), ascensor (8,5 t).

Elementele spaţiale pentru camere se montează înglobând şi pereţii despărţitori, pozaţi anterior pe planşeu, cu tehnologia panourilor mari. Folosirea acestor elemente spaţiale determină eliminarea unei părţi mari a îmbinărilor

de intersecţii la panourile mari, mărind astfel viteza de montaj.

Analizând soluţiile constructive şi variantele de asamblare putem susţine că utilizarea unor elemente spaţiale din beton armat se datorează modului în care acestea răspund la :

principalele legităţi ale confecţionării şi montării industializate a clădirilor;

- dezvoltarea unor utilaje caracteristice procedeului de prefabricare cu diferite grade de mecanizare în fabrică, dar şi procedee caracteristice de montaj pe şantier;
- rezolvarea problemelor de alcătuire constructivă a detaliilor, de finisaj şi plastică arhitecturală având în vedere dependenţa între concepţia clădirii din elemente spaţiale şii tehnologia de confecţionare şi montaj a acesteia.

Capitolul

22

PLANŞEE

22.1. GENERALITĂŢI

Planşeele sunt elemente de construcţii plane, orizontale (înclinate la amfiteatre, rampe de acces), ce compartimentează clădirea pe verticală şi fac parte din structura de rezistenţă împreună cu elementele portante verticale (stâlpi, pereţi).

Planşeele îndeplinesc rolul de diafragmă orizontală (contravântuire), prin preluarea forţelor orizontale şi transmiterea acestora la elementele verticale din structura de rezistenţă.

În anumite cazuri, planşeele intră în componenţa anvelopei (suprafaţa clădirii ce desparte medii cu gradient termic), prin planşeul peste subsol şi planşeul terasă.

Alcătuirea generală a planşeului

Planşeul este alcătuit din trei părţi principale: pardoseala, structura de rezistenţă şi tavanul.

Pardoseala este alcătuită dintr-un strat de uzură, strat suport, un strat izolator termic şi/sau fonic.

Stratul de uzură poate fi alcătuit, funcţie de destinaţia încăperii, din parchet, mozaic sau plăci ceramice.

Stratul suport poate fi executat, funcţie de stratul de uzură, din duşumea oarbă sau/si şapă de mortar.

Stratul de izolare termică se prevede la planşeele din anvelopă, cele peste subsol, peste ultimul etaj-terasă. Grosimea stratului de termoizolaţie (vată minerală, b.c.a., polistiren expandat) se determină din condiţia de transfer minim a fluxului de căldură şi a unei economii de combustibil pentru încălzire în exploatare.

Stratul de izolare acustică este necesar pentru atenuarea zgomotului de impact, prin realizarea unei dale flotante (o placă rigidă pozată pe un strat elastic) si a zgomotului aerian,

prin prevederea unei mase minime a placii de beton armat (grosime 14 cm).

Tavanul reprezintă partea inferioară a planşeului şi poate fi: simplu, acustic, antifoc, luminos, ventilat sau estetic.

Tavanul realizat dintr-un strat de tencuială şi/sau zugrăveală (numai zugrăveală la plăci prefabricate din beton) este simplu, uşor şi ieftin.

Tavanul cu funcţie de izolare acustică este alcătuit din plăci perforate din ipsos armat pe care reazemă un strat fonoabsorbant, de exemplu din vată minerală. Plăcile perforate se prind de structura de rezistenţă a planşeului prin elemente de agăţare.

Tavanul antifoc este conceput din plăci incombustibile (de exemplu din ipsos armat), iar spaţiul spre partea de rezistenţă a planşeului se va compartimenta cu elemente greu inflamabile.

Tavanul ce realizează lumină difuză este alcătuit dintr-un grătar din bare care are rolul de a masca corpurile de iluminat.

Tavanul, care maschează elementele necesare ventilării mecanice, este alcătuit din plăci perforate, suspendate de structura de rezistenţă a planşeului. În acest spaţiu se amplasează gurile de absorbţie pentru aerul viciat şi de difuzie, pentru aerul condiţionat şi canalele aferente.

Tavanul estetic este alcătuit din plăci decorative ce maschează structura de rezistenţă a planşeului.

Structura de rezistenţă a planşeului poate fi realizată din :

- elemente principale de rezistenţă (grinzi) şi elemente de umplutură (ceramice, din beton armat);
- elemente prefabricate sub formă de fâşii;
- panouri mari (sau semipanouri);
- beton armat monolit alcătuit dintr-o placă continuă ce reazemă direct pe elementele portante verticale sau prin intermediul unor grinzi ori capiteluri executate odată cu placa.

Structura portantă trebuie să reziste la încărcările verticale din greutate proprie a întregului planşeu (pardoseală, structură de rezistenţă, tavan), la încărcări utile (oameni, mobilier, materiale depozitate) şi la încărcări provenite din greutatea pereţilor de compartimentare autoportanţi.

Exigenţele planşeelor

Exigenţa de fiabilitate la planşee semnifică asigurarea la evitarea prăbuşirii clădirii, la distrugerea planşeului sau a legăturilor acestuia cu elementele de rezistenţă verticale, dar şi asigurarea rigidităţii în plan orizontal (modul de lucru ca şaibă rigidă).

Efectul de şaibă (contravântuire orizontală) este în creştere de la structura de rezistenţă a planşeului, alcătuită din elemente principale şi de umplutură, la fâşii, la panouri mari, având valoarea maximă la cea din beton armat monolit.

În stadiul limită de exploatare se vor evita deformaţiile verticale excesive. De

exemplu, la planşeele din lemn cu deschidere mare, dimensionarea grinzilor este influenţată de limitarea săgeţii reale, astfel încât să nu se producă fisurarea tavanului prins de grinzile de lemn.

Exigenţa de siguranţă la foc se referă la asigurarea de către planşeu a duratei necesare siguranţei ocupanţilor clădirii, corespunzătoare unei anumite rezistenţe la foc. Această siguranţă este dată de timpul minim de evacuare a oamenilor la incendiu şi de intervenţie în vederea stingerii focului. Planşeul trebuie să asigure împiedicarea propagării focului la etajele adiacente.

Exigenţa de durabilitate se referă la durata de viaţă a planşeelor din lemn sau metal, prin menţinerea în timp a caracteristicilor la valorile prescrise. Aceasta se realizează prin măsuri de protecţie la umezeală a elementelor de lemn sau metal sau la agenţi biologici la elementele de lemn.

Exigenţa de etanşeitate se referă la evitarea infiltraţiilor la încăperile cu umiditate ridicată (băi, spălătorii, unele laboratoare), prin prevederea de hidroizolaţii generale şi asigurarea unor pante minime de scurgere la pardoseală. Exigenţele economice la planşee se referă la consumuri minime de materiale şi manoperă, grad mărit de prefabricare, durată minimă de execuţie şi productivitate maximă.

22.2. PLANŞEE DIN LEMN

Planşeele din lemn se confecţionează şi se montează simplu, prezintă uşurinţă la finsaj şi la fasonare, au greutate redusă, folosesc eficient calităţile naturale ale lemnului. Aceste planşee au o rezistenţă redusă la foc, la acţiunea agenţilor biologici şi la influenţa dăunătoare a umidităţii.

Planşeele din lemn au fost utilizate din cele mai vechi timpuri. În prezent se folosesc la clădiri cu parter sau parter si etaj, în mediul rural şi urban, dar şi în zone montane, turistice.

Alcătuire constructivă

Planşeele din lemn se compun din (fig.22.1): grinzi portante din lemn, elemente secundare de rezistenţă, umplutură şi elemente de finisaj-pardoseală, tavan.

Grinzile din lemn portante sunt dispuse ,în cadrul planşeelor, pe direcţia scurtă a încăperilor. Grinzile pot fi pozate după o singură direcţie sau după două direcţii. Grinzile sunt distribuite după o singură direcţie, la o distanţă de 70...90 cm, funcţie de deschidere, încărcare şi tipul elementului de umplutură.

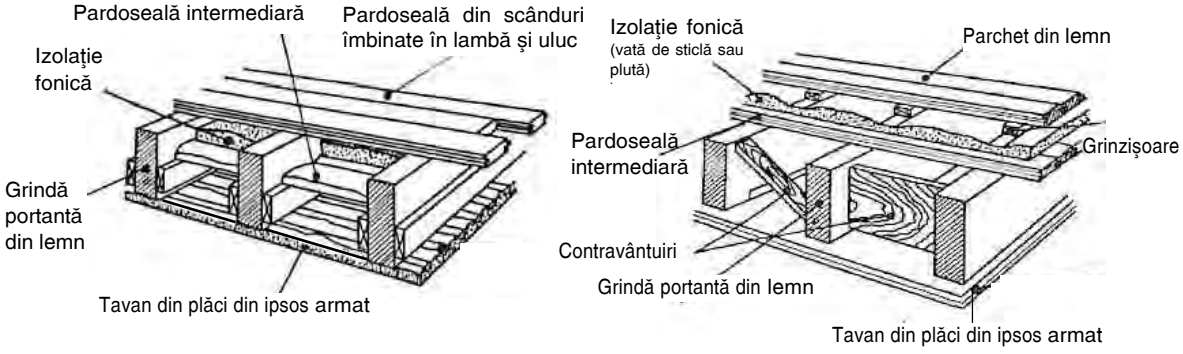
Dimensionarea grinzilor din lemn se realizează din condiţia ca săgeata reală să nu depăşească cea admisibilă (lungimea grinzii/250...350).

Planseul cu grinzile distribuite după două direcţii are grinzile principale, aşezate la distanţă de 3,0...5,0 m şi grinzi secundare. Grinzile se confecţionează din lemn de răşinoase.

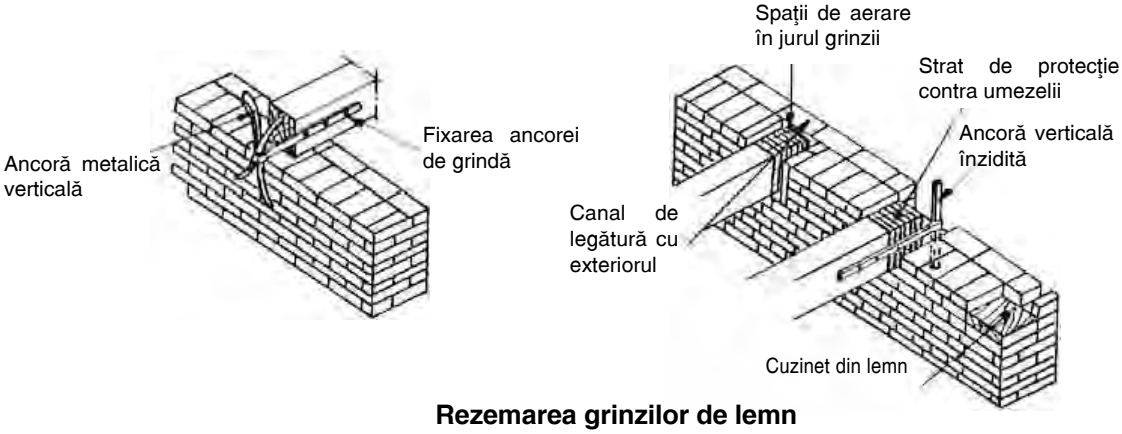
Din raţiuni economice apare necesitatea utilizării grinzilor înalte şi de laţime redusă (25 x 5 cm). Pentru

Planşee cu grinzi din lemn

Alcătuire constructivă



Rezemarea şi ancorarea grinzilor de lemn pe zidărie



Rezemarea grinzilor de lemn

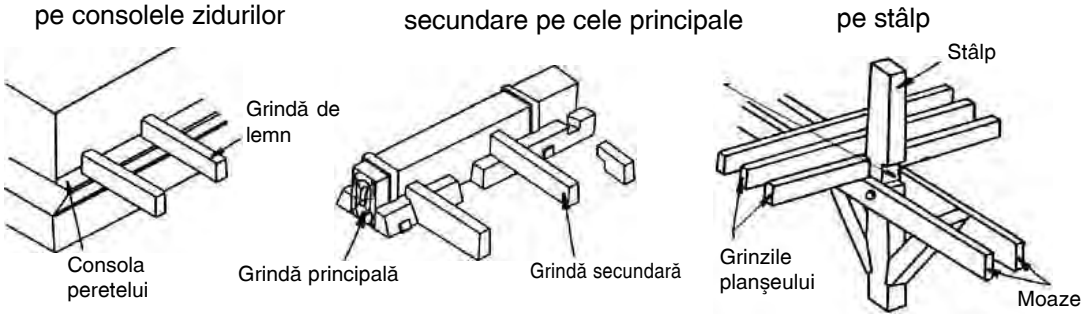


Fig.22. 1 Planşeu cu grinzi din lemn. Alcătuire constructivă. Rezemarea şi ancorarea grinzilor de lemn

rigidizarea acestora se va utiliza o pardoseală din scânduri de grosime mărită. Mărirea rigidităţii se poate realiza şi prin dispunerea de contra-vântuire între aceste grinzi zvelte.

Rezemarea grinzilor de lemn pe zidărie se face pe retrageri ale peretelui sau în nişe de 15...20 cm, prin intermediul unui dulap de lemn. Între grinda de lemn şi pereţii nişei se lasă un spaţiu de aerisire . Aceasta conduce la o micşorare a secţiunii peretelui, fiind necesară, la pereţii exteriori, introducerea unei termoizolaţii suplimentare pentru micşorarea punţii termice.

În vederea prevenirii putrezirii în timp a capetelor grinzii rezemate pe zidărie (solicitate de reacţiunea grinzii), se iau măsuri de antiseptizare şi protecţie împotriva umezirii (protejarea grinzii cu carton asfaltat).

La pereţii interiori, rezemarea grinzilor se realizează prin petrecere sau cap la cap, legătura realizându-se prin intermediul unei piese metalice.

În dreptul coşurilor de fum, rezemarea grinzilor se realizează cu ajutorul unei grinzi-jug. În această zonă, elementele de lemn sunt protejate de efectul temperaturilor ridicate, prin distanţarea de canalele de fum sau umplerea spaţiului, între coş şi elementele de lemn cu material termoizolant necombustibil.

Grinzile din lemn se ancorează în pereţii exteriori, prin intermediul pieselor metalice.

La planşeele din grinzi principale şi secundare rezemarea grinzilor secundare pe cele principale se face prin intermediul unor elemente de lemn solidarizate de grinzile principale cu piese metalice.

Folosirea pardoselii din parchet la planşeele din lemn nu prezintă dificultăţi; pardoseală cu plăci din mozaic sau gresie, care necesită turnarea unei şape de egalizare, reclamă însă izolarea hidrofugă a lemnului din cauza umidităţii de la turnarea şapei.

22.3. PLANŞEE METALICE

Motivaţia utilizării. Planşeele metalice utilizează un material -oţelul cu rezistenţă mare, sensibil egală, la solicitări de întindere şi de compresiune având şi un modul de elasticitate ridicat, ceea ce conduce la realizarea unor grinzi cu deschideri mari, cu înălţime şi greutate redusă.

Omogenitatea şi rezistenţa la solicitări dinamice a acestui material vor mări aria de utilizare a acestor planşee.

Elementele planşeelor metalice au un grad ridicat de prefabricare, elementele şi dispozitivele de îmbinare se pregătesc în ateliere specializate, ceea ce conduce la rapiditate şi precizie în execuţie. Precizia se datoreşte folosirii profilelor standardizate şi calibrării perfecte a semifabricatelor metalice.

Menţionăm că oţelul este un material scump, obţinut cu un consum mare de energie, la care se adaugă rezistenţa redusă la temperaturi ridicate (la

incendiu 500...600^{0}C) şi sensibilitatea la coroziune, ce apare în contact cu oxigenul din aer şi umezeală.

Planşeele metalice se utilizează la construcţii industriale (platforme, pasarele), cu încărcări mari, utilaje care dau sarcini dinamice, construcţii civile, multietajate (peste 25 nivele) sau cu deschideri foarte mari .

În anumite situaţii, când este impusă o înălţime construită şi greutate redusă (comparativ cu betonul armat), se vor utiliza aceste planşee la consolidarea clădirilor existente.

Alcătuirea planşeelor metalice

Planşeele metalice se realizează din grinzi metalice şi elemente de umplutură (fig. 22.2).

Grinzile metalice portante pot fi dispuse după o singură direcţie, paralelă cu deschiderea mică a planşeului sau două direcţii şi anume, grinzile principale după deschiderea mică, iar grinzile secundare perpendicular pe acestea.

Dispunerea grinzilor se realizează în funcţie de încărcări, de tipul şi materialul din care se execută elementele de umplutură.

Grinzile se pot executa din profile I, U , grinzi cu zăbrele sudate din profile laminate şi oţel beton, grinzi expandate obţinute prin tăierea inimii după un anumit profil şi întinderea ulterioară a acestuia, grinzi din tablă îndoită la rece .

Rezemarea şi ancorarea grinzilor. Pentru a preveni strivirea locală, rezemarea pe pereţii de zidărie a grinzilor metalice se realizează prin intermediul unor plăci metalice de repartiţie. În cazul sarcinilor mari, rezemarea pe zidărie se face prin intermediul cuzineţilor sau a centurilor din beton armat.

La planşeele cu grinzi principale şi secundare, rezemarea între grinzi se realizează direct sau prin intermediul unor scaune.

Protecţia grinzilor metalice împotriva focului se poate realiza cu ajutorul plăcilor de ipsos armat.

Elementele de umplutură se pot realiza din plăci prefabricate din beton, plăci din ceramică armată sau plăci din beton armat monolit.

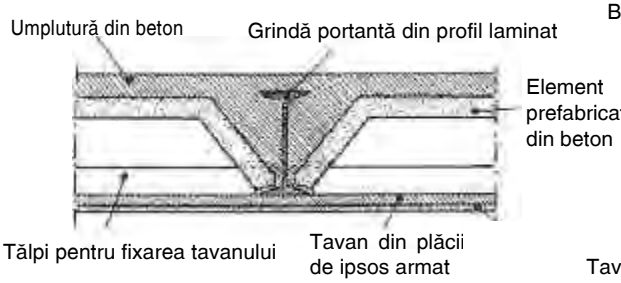
Plăcile prefabricate din beton se pot poza numai pe talpa inferioară a grinzilor metalice sau pot fi plăci diferite, rezemate separat pe talpa superioară şi inferioară.

Plăcile din beton armat monolit au avantajul creării unei diafragme rigide în planul orizontal al planşeului , la care se adaugă protecţia realizată de beton a profilelor metalice contra focului. Aceste plăci pot fi amplasate la nivelul superior sau inferior al grinzilor metalice, funcţie de condiţiile specifice ale planşeului. Placa din beton armat monolit se poate turna pe un cofraj pierdut, alcătuit din tablă de oţel cutată ce reazemă pe grinzile planşeului.

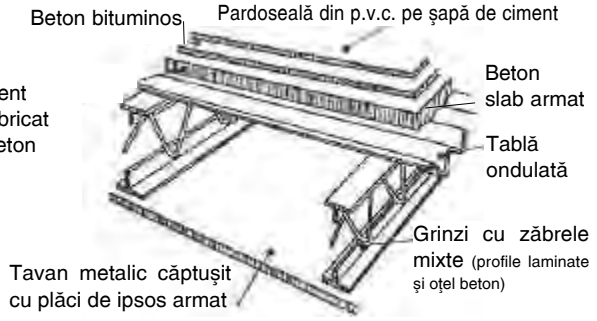
Tabla cutată va contribui, în final, după întărirea betonului, ca armătură suplimentară la preluarea sarcinilor din exploatarea clădirii.

Planşee cu grinzi metalice

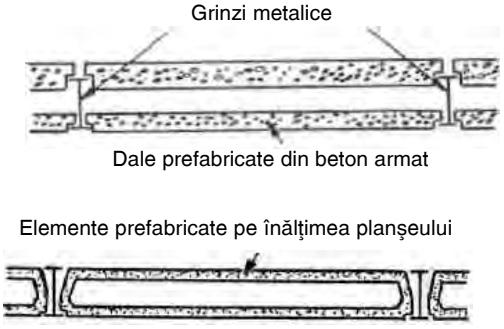
Grinzi din profile laminate



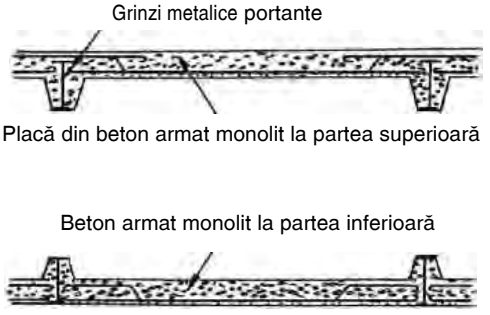
Grinzi cu zăbrele mixte



Elemente de umplutură prefabricate



Elemente de umplutură din beton monolit



Planşee din profile cu pereţi subţiri

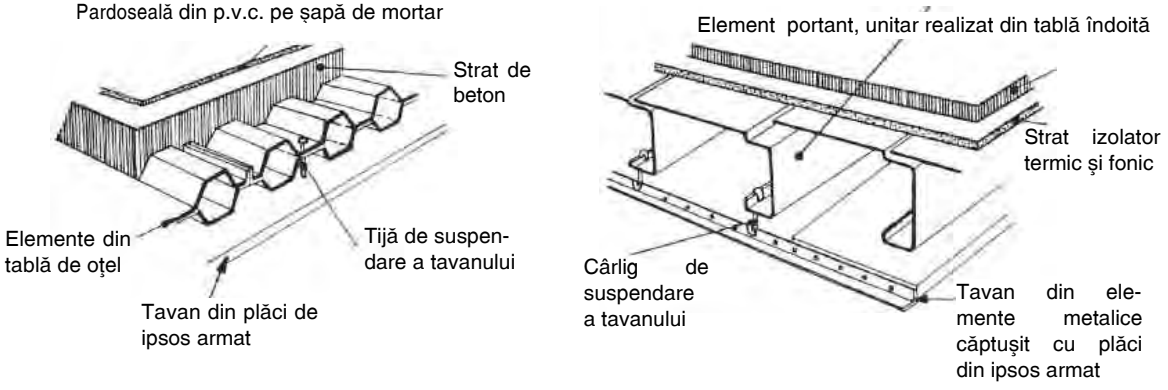


Fig.22.2 Planşee cu grinzi metalice din profile laminate şi cu grinzi cu zăbrele mixte. Elemente de umplutură din beton armat prefabricat şi monolit. Planşee din profile cu pereţi subţiri.

Planşee din profile cu pereţi subţiri.

Pentru reducerea substanţială a greutăţii proprii se utilizează profile cu pereţi subţiri confecţionate la rece. Folosirea acestor profile conduce la un consum redus de metal.

Spaţiul de deasupra profilelor se poate completa cu beton sau beton armat, care are şi rol de suport al pardoselii şi cu o serie de straturi cu funcţie termoizolantă şi fonoizolantă. Aceste planşee au înălţimi mari în vederea asigurării capacităţii portante şi a rigidităţii. In acest spaţiu se pozează echiparea tehnică, conductele sistemelor de încălzire, ventilaţie şi circuitele electrice.

22.4. PLANŞEE CERAMICE

Denumirea a fost împrumutată de la elementele de umplutură, care sunt corpurile ceramice, ce ocupă un volum important în alcătuirea acestor planşee.

Aceste planşee sunt elemente semifabricate sau prefabricate-monolit, alcătuite din grinzi-elemente de rezistenţă principale şi corpuri ceramice. După montarea corpurilor ceramice, care reazemă pe rebordurile grinzilor, aceste elemente vor fi legate prin monolitizare cu beton.

Planşeul va atinge capacitatea portantă maximă abia după întărirea betonului de monolitizare.

Caracteristicile planşeelor ceramice

Ponderea mare, sub raportul volumului, a corpurilor ceramice din cadrul acestor planşee, va împrumuta acestora o parte din avantajele materialelor ceramice. Sub raportul rezervelor, materialul ceramic brut (argila), există în cantităţi aproape inepuizabile.

Planşeele ceramice au greutate proprie redusă şi calităţi higrotermice superioare comparativ cu cele din beton armat, şi realizează economii de material lemnos, deoarece nu necesită cofraje continui, ci doar susţineri intermitente.

Corpurile ceramice sunt folosite drept cofraj pierdut.

Prin monolitizarea cu beton armat, aceste planşee vor prezenta parţial avantajele planşeelor turnate monolit.
Se va asigura, astfel, o conlucrare între elementele planşeului, în vederea preluării forţelor verticale şi realizarea unei şaibe orizontale.

Stratul de beton monolit contribuie şi la sporirea capacităţii de izolare fonică a planşeului.

Planşeele ceramice permit realizarea foarte simplă a golurilor pentru străpungeri, prin suprimarea unor corpuri ceramice şi bordarea golului cu centuri de beton armat.

Corpurile ceramice. Elementele de umplutură din corpuri ceramice au rolul de a completa spaţiul dintre grinzile portante, servind drept cofraj pierdut pentru stratul de beton monolit.

Industria ceramică modernă a reuşit să realizeze corpuri ceramice cu caracteristici superioare : volum de

goluri 65..70% iar greutatea este cu 15...20% mai mică decât la elementele similare din beton armat. Aşadar corpurile ceramice pot fi uşor montate, manual, pe şantier. Volumul mare al corpurilor ceramice moderne determină o reducere a cantităţii de beton armat monolit.

Elementele ceramice cu volum mare, cu goluri mari, sunt pretenţioase la manipulare, în stare plastică, imediat după formarea lor. Acest neajuns poate fi soluţionat prin descompunerea corpurilor mari în două sau mai multe corpuri ceramice suprapuse.

În cadrul acestor corpuri de umplutură, materialul este concentrat spre zona superioară comprimată, cât şi în lateral, unde corpul ceramic prin aderenţă, conlucrează strâns cu betonul şi poate participa la preluarea eforturilor.

În cazul în care se asigură o umezire prealabilă, corpurile ceramice au o aderenţă foartă bună la betonul monolit, datorită absorbţiei laptelui de ciment în suprafaţa materialului ceramic.

Tipuri de planşee ceramice

După modul de alcătuire , planşeele ceramice pot fi (fig.22.3):

- planşee cu corpuri ceramice aşezate alăturat şi cu nervuri dese betonate;
- planşee cu grinzi ceramice şi corpuri ceramice ;
- planşee cu grinzi din beton armat sau profile de oţel şi corpuri ceramice aşezate intermediar;
- planşee cu scânduri ceramice pretensionate şi corpuri ceramice.

Planşeele cu corpuri ceramice aşezate alăturat şi nervuri dese betonate se monteaza pe o sprijinire fără cofraj, iar dupa aşezarea armăturilor (cca.50% din armatura de rezistentă din rosturile verticale se ridica spre reazeme), ce se ancoreaza în centurile care înconjoara planseul si apoi se betoneaza. Nervurile dese, create, preiau încărcările ce acţionează asupra planşeului (fig.22.3). Corpurile ceramice servesc drept cofraj pierdut pentru turnarea acestor nervuri.

Înălţimea nervurilor trebuie limitată, având în vedere dificultăţile tehnologice create de turnarea nervurilor înguste, cu înălţime mare.

Pentru mărirea capacităţii portante a planşeului, se va turna un strat de suprabetonare armat, care preia efortul normal de compresiune din înconvoire.

Acest tip de planşeu este favorabil introducerii încălzirii prin radiaţii. Planşeul ceramic termoradiant (fig.22.3) este alcătuit din corpurile ceramice inferioare, pe care se pozează armătura de rezistenţă şi serpentinele termoradiante si se montează corpurile ceramice superioare. După montarea corpurilor ceramice superioare, se betonează nervurile dese.

Planşeele cu grinzi ceramice şi corpuri de umplutură ceramice au grinzi ceramice, care servesc drept reazem pentru corpurile de umplutură, alcătuite din elemente ceramice cu secţiunea în formă de U, T întors sau papuc

Planşee ceramice

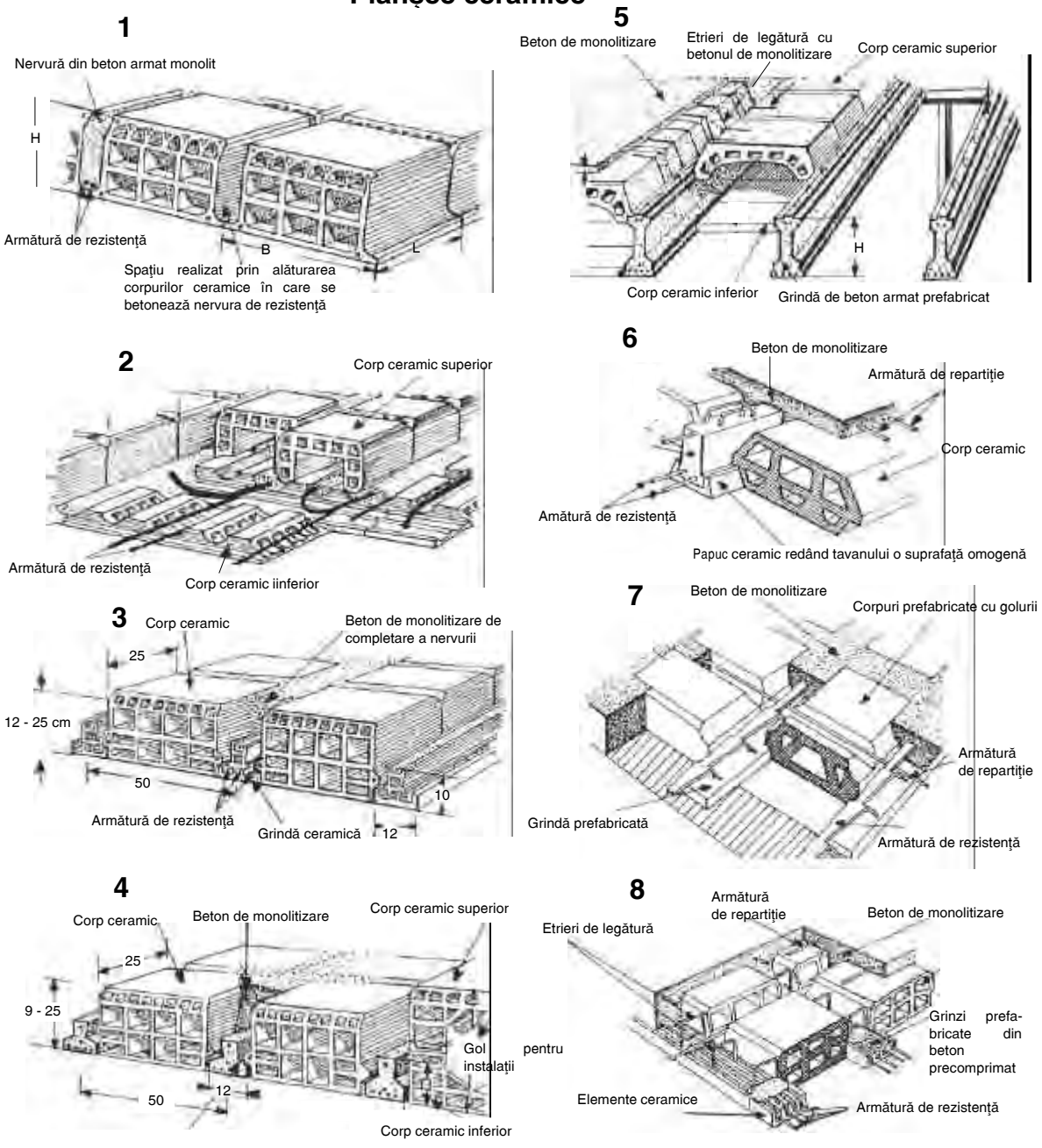


Fig.22.3 Planşee cu corpuri ceramice aşezate alăturat, cu nervuri dese betonate termoradiante. Planşee cu grinzi ceramice sau din beton armat prefabricat şi corpuri ceramice. Planşee cu grinzi prefabricate cu spaţiu tehnic, grinzi turnate într-o talpă din papuci ceramici, grinzi de beton şi armătură din tablă şi oţel flexibil. Planşeu cu scânduri ceramice pretensionate şi corpuri ceramice.

ceramic (fig.22.3). Grinzile sunt armate cu bare simple sau cu carcase spaţiale din oţel beton.

Betonarea acestor grinzi se realizează din beton cu agregat mărunt, pe cofraje special amenajate, pe mese vibrante, în cadrul atelierelor de prefabricate.

Grinzile cu papuci ceramici vor avea partea superioară a grinzilor cu zăbrele din oţel beton descoperită, pentru a face legătura cu betonul de monolitizare, iar talpa inferioară în care este pozată armătura de rezistenţă a planşeului şi va fi monolitizată în papuci ceramici.

Grinzile ceramice necesită mijloace de ridicare de capacitate mică; pot fi montate chiar de un număr redus de muncitori (3-4), ca în cazul grinzilor cu papuci ceramici.

După montarea grinzişoarelor, pe care se aşează corpurile ceramice, se montează armătura de repartiţie din zona comprimată şi se toarnă betonul de monolitizare în nervuri şi în stratul de suprabetonare.

Planşeul va obţine întreaga sa capacitate portantă abia după ce betonul de monolitizare ajunge la marca proiectată.

Alt tip de grinzi care se foloseşte la planşee ceramice sunt grinzile prefabricate, alcătuite din armătură de oţel flexibil, cu talpa inferioară betonată (fig.22. 3).

Planşee cu grinzi din beton armat şi corpuri ceramice aşezate intermediar. Grinzile din beton armat prefabricat sunt elemente liniare prefabricate, care se aşează la interax de 40-60 cm, având aceeaşi înălţime cu a corpurilor ceramice sau mai redusă, pentru a facilita montajul.

Secţiunea transversală a acestor grinzi simplu rezemate are formă de T întors (fig.22.3), astfel încât pe rebordurile create să reazeme în condiţii bune corpurile de umplutură.

Grinzile sunt aşezate pe zidurile portante, pe un strat de mortar de poză, în scopul nivelării suprafetei de rezemare .

La încărcările locale mari (pereţi despăţitori), se pozează grinzi gemene alăturate.

Corpurile ceramice care reazemă pe grinzile prefabricate din beton armat nu vor pătrunde deasupra pereţilor, pentru a nu provoca slăbirea lor. În dreptul pereţilor se toarnă o centură de rigidizare din beton armat.

La deschideri mari ale planşeului, se recomandă să se toarne două nervuri de rigidizare transversale (fig. 22.3).

Stratul de beton monolit. Grinzile prefabricate au, la partea superioară, mustăţi şi prin intermediul unor etrieri se ancorează în stratul de suprabetonare, preluând eforturile tangenţiale în secţiunea de contact între betonul prefabricat şi cel monolit.

Stratul de beton monolit determină sporirea efectului de şaibă orizontală. Atunci când apare necesitatea proiectării, în cazul planşeului, a unui spaţiu tehnic (pentru pozarea

conductelor de instalaţii), se folosesc grinzi de beton prefabricate (I) înalte, şi două rânduri de corpuri ceramice ce reazemă pe talpa inferioară şi cea superioară a grinzilor (fig.22. 3).

Planşee cu scânduri ceramice pretensionate şi corpuri ceramice. Pentru realizarea scândurilor ceramice pretensionate, se folosesc elemente ceramice dreptunghiulare cu caneluri (sau papuci ceramici) prin care se pozează armătura pretensionată (fig.22.3).

Mărimea canelurilor prevăzute în elementele ceramice, pentru sârmele tensionate, trebuie să permită oţelului să fie învelit cu un strat de mortar de ciment. Scândurile ceramice se montează pe sprijiniri.

Prin monolitizarea cu beton şi prin intermediul feţelor din material ceramic, ca şi a etrierilor din scânduri ceramice tensionate, se realizează o aderenţă foarte bună şi o conlucrare între secţiunea pretensionată şi nervurile din beton monolit.

Aceste planşee ceramice pretensionate prezintă avantajul că au o greutate redusă, realizează economii de oţel şi pot fi montate manual integral.

Planşeele ceramice descrise mai sus au dezavantajul introducerii procedeului umed în construcţii, ca în cazul planşeelor monolite.

Tot ca un dazavantaj putem menţiona limitarea deschiderii la 5...6 m. Sunt contraindicate pentru construcţiile supuse trepidaţiilor.

22.5. PLANŞEE DIN BETON ARMAT PREFABRICAT

Planşee tip fâşie.

Planşeele din fâşii prefabricate sunt alcătuite din elemente prefabricate de acelaşi fel, în formă de plăci înguste (sau grinzi), aşezate alăturat.

Elemente prefabricate, unite între ele şi cu elementele verticale pe care se reazemă, formează, în final, o dală continuă.

Concepute pentru a reduce operaţiile de construcţie necesare pe şantier, aceste elemente prefabricate sosesc la locul de execuţie gata pregătite pentru montaj. Montarea, rapidă şi mecanizată, asigură o productivitate sporită, comparativ cu montarea planşeelor semifabricate ceramice.

Avantajul acestor planşee constă şi în reducerea aportului umidităţii, provenit din monolitizări.

Avantajele enumerate, alături de acela al consumului de material şi al preţului de cost redus, au dus la utilizarea raţională a acestui tip de planşeu.

Tipuri de planşee fâşie. În funcţie de structura elementelor prefabricate din care sunt alcătuite, se deosebesc următoarele tipuri de planşee-fâşie:

- planşee tip cheson;
- planşee tip fâşii cu goluri;
- planşee din elemente de beton precomprimat;
- planşee din fâşii de ceramică armată.

Planşeele din fâşii prefabricate pot să suporte sarcinile permanente şi utile, uniform distribuite sau cu un anumit grad de localizare.

În afară de această cerinţă, planşeele realizate din elemente prefabricate separate pot alcătui, în ansamblu, şaibe orizontale rigide, capabile să uniformizeze caracteristicile dinamice şi de deformaţie ale structurilor portante verticale. În acest fel, planşeele prefabricate vor prelua în condiţii optime solicitările orizontale din vânt sau cutremur.

Planşee tip cheson

Chesoanele (fig.22.4) sunt plăci subţiri, bordate de două nervuri de rezistenţă longitudinale. Aceste nervuri se rigidizează cu nervuri transversale, iar la capete sunt terminate cu timpane de rezemare.

Caracteristici. Greutatea, consumul redus de oţel şi aspectul nervurat au făcut ca aceste elemente să fie frecvent folosite la acoperirea clădirilor industriale.

Dimensiunile chesoanelor sunt tipizate: lăţimile variază între 0,75 m şi 1,5 m ajungând până la 3 m, iar lungimile de la 3 la 18 m.

Chesoanele sunt proiectate, ca elemente simplu rezemate, pentru încărcări permanente şi variabile. Aceste elemente sunt prevăzute pe reazeme (fig.22.4), numai cu legături constructive , care, după caz, pot prelua o parte din momentul elastic de continuitate. Deci aceste legături vor

Planşee prefabricate din chesoane din beton armat

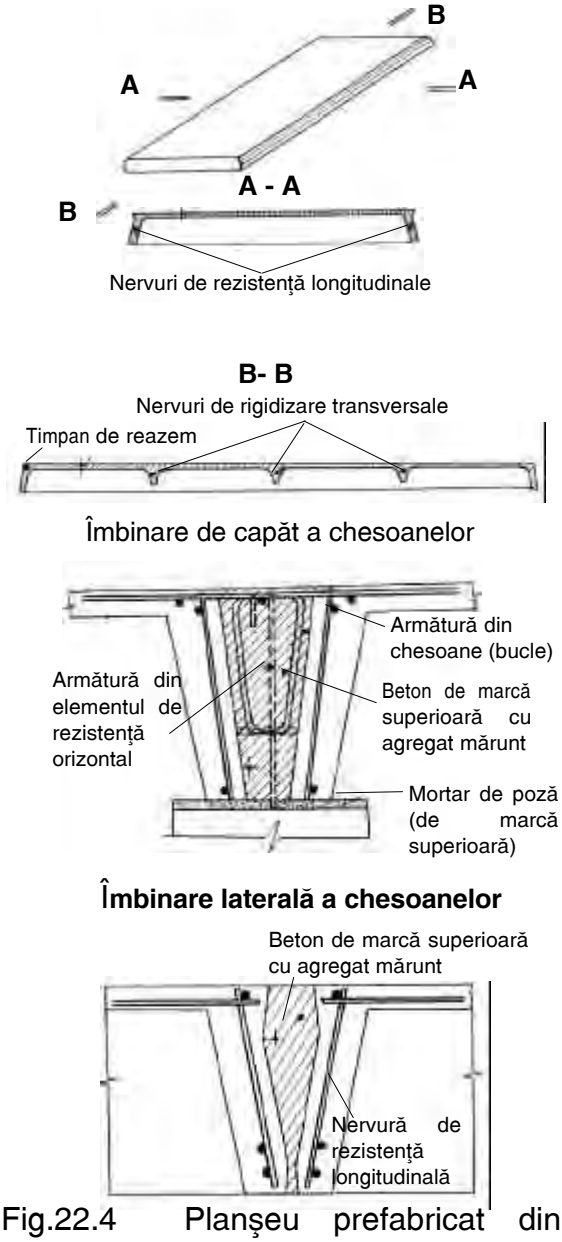


Fig.22.4 Planşeu prefabricat din chesoane de beton armat. Vederea chesonului. Secţiune transversală şi longitudinală. Detalii rosturi de îmbinare pe cele două laturi ale chesonului.

limita deformaţiile secţiunior până la capăt.

Efectul de şaibă se asigură, la chesoane, prin matarea rosturilor longitudinale dintre elemente. Această condiţie este necesară pentru preluarea lunecărilor dintre elementele adiacente, cât şi uniformizarea deformaţiilor, în cazul încărcărilor diferite pe chesoane alăturate.

Planşee tip fâşii cu goluri

Aceste planşee sunt alcătuite din fâşii late (fig.22.5) cu secţiunea dreptunghiulară din beton armat, cu feţe plane şi goluri rotunde în lungul fâşiilor, în vederea reducerii consumului de beton.

Fâşiile de planşeu permit realizarea unor tavane şi pardoseli plane, ceea ce a condus la folosirea lor pe scară largă la clădirile civile.

Fâşiile cu goluri sunt elemente incombustibile, având limita de rezistenţă la foc ridicată.

Dimensiunile fâsiilor sunt în functie de deschiderea şi de sarcinile ce actionează pe planseu.

Rezemare şi solidarizare**.** Fâşiile cu goluri se armează cu plase sudate. Rezemarea se face pe un strat de mortar de poză, de marcă superioară, pentru a evita denivelările dintre fâşii.

Solidizarea fâşiilor ,în scopul asigurării continuităţii şi conlucrării elementelor la acţiunea forţelor orizontale şi verticale, pe elementele verticale portante, se face turnându-se o centură în care se înglobează armătura sub formă de urechi a fâşiilor. Legăturile constructive pe reazeme au valori mai reduse, limitate de capacitatea de preluare a tensiunilor la fibra superioară a prefabricatelor. Solidarizarea transversală a fâşiilor se realizează prin turnarea în rosturile longitudinale a betonului de completare, cu agregat mărunt.

Principii de calcul. Fâşiile cu goluri se calculează la încărcarea de exploatare, fiind considerate ca elemente simplu rezemate. Deschiderea de calcul se consideră lungimea nominală.

Fâşiile se verifică şi la eforturile ce apar în timpul decofrării, datorită smulgerii, montajului şi transportului.

Săgeata se verifică , considerându-se fâşia o grindă simplu rezemată, astfel încât să nu depăşească valoarea admisibilă de l/200.

Efectul de şaibă se asigură prin matarea rosturilor longitudinale, profilate în mod adecvat, şi prin crearea unor pane între elemente adiacente, lunecările diferenţiale fiind preluate prin forfecări şi presiuni locale pe feţele de contact ale acestor pane din beton armat (fig.22.5).

Deci efortul normal de întindere din diafragmă este preluat de armătura longitudinală a centurilor, iar eforturile tangenţiale de către panele din rosturi.

Planşee prefabricate din fâşii cu goluri din beton armat

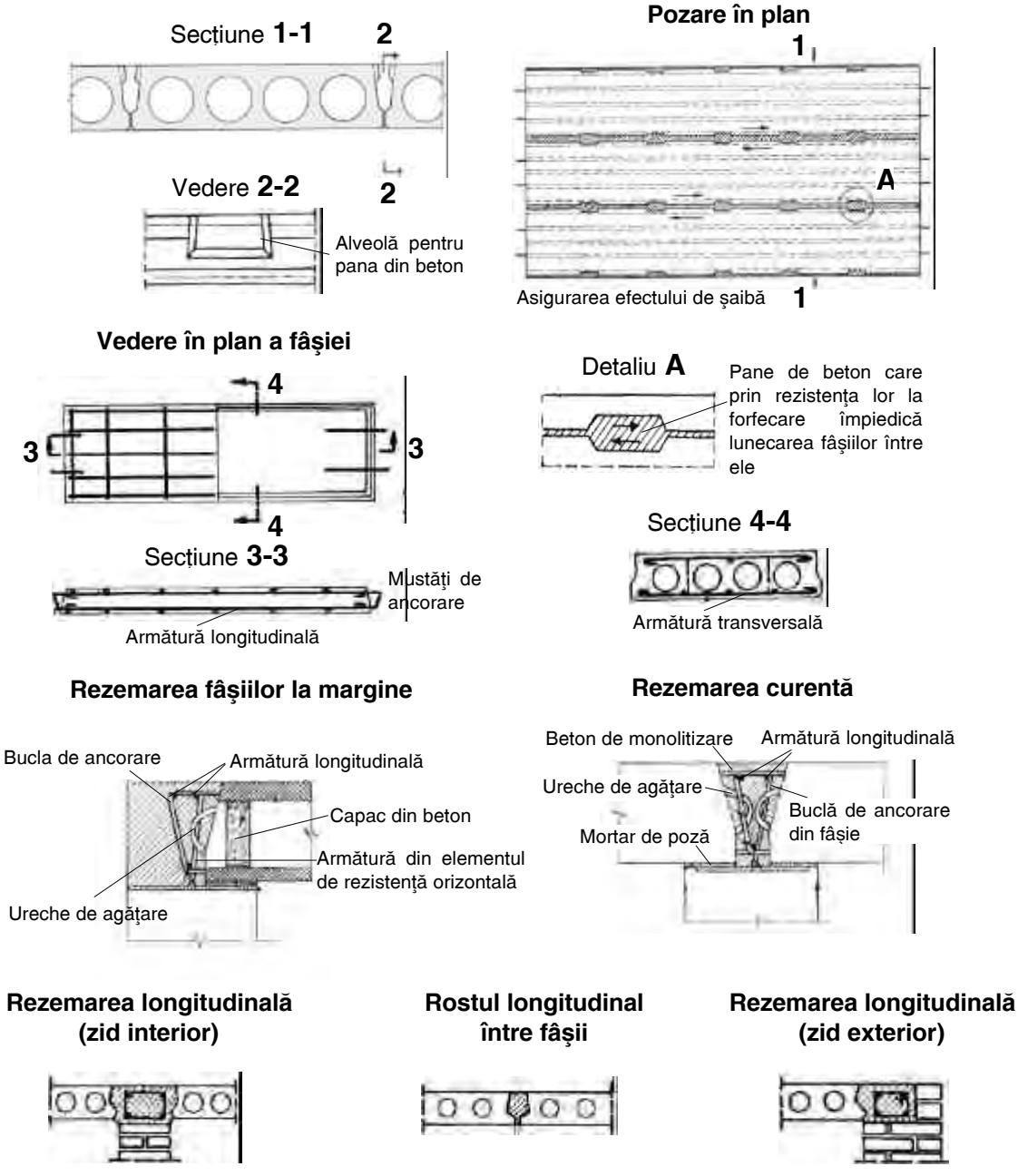


Fig. 22.5 Planşee prefabricate din fâşii cu goluri din beton armat. Vedere în plan. Secţiuni. Detalii îmbinări

Planşee din elemente de beton precomprimat

Acest tip de planşeu se utilizează la clădirile industriale etajate, cu structură din beton armat.

Folosirea acestui tip de planşeu corespunde necesităţilor de amplasare, în grosimea lui, a canalelor de ventilaţie.

Elementele componente ale structurii clădirii etajate sunt: elementele de planşeu tip T de 12, 9, 6 m; grinzile principale prefabricate de 6 m lungime; grinzile de rigidizare preturnate de 12, 9, 6 m lungime; stâlpi turnaţi monolit, stâlpi prefabricaţi cu console şi rigle de completare a cadrelor din beton armat prefabricat (fig. 22.4).

Clădirile industriale etajate realizate cu aceste elemente sunt concepute, din punct de vedere al structurii, ca nişte cadre elastice cu noduri rigide în ambele sensuri. În aceste noduri se asigură continuitatea de efort şi deformaţie.

Planşeele din elemente prefabricate din beton armat precomprimat se folosesc la clădirile industriale etajate, în următoarele soluţii de structură:

- soluţia mixtă, în care stâlpii se toarnă monolit pe fiecare nivel, iar planşeele se realizează prefabricat, din grinzi pe ambele direcţii şi elemente T;
- soluţia integral prefabricata, în care se prefabrică şi stâlpii.

Peste elementele prefabricate de planşeu T are loc o suprabetonare, realizându-se astfel o şaibă rigidă servind la protecţia antiseismică a clădirii, prin asigurarea elementelor portante orizontale.

Planşee din fâşii din corpuri ceramice alăturate

Fâşiile alcătuite din corpuri ceramice, aşezate unul lângă altul, sunt preasamblate pe şantier.

Solidarizarea corpurilor ceramice se realizează cu ajutorul barelor din oţel beton, pozate în caneluri special prevăzute în corpurile ceramice şi betonate.

Corpurile ceramice astfel asamblate pot fi manevrate şi montate ca şi fâşiile prefabricate.

Rosturile, dintre fâşiile montate, se completează cu beton cu agregat mărunt . Aceste nervuri din beton armat preiau eforturile unitare de compresiune. Armătura, din canelurile inferioare, preia eforturile normale de întindere din înconvoiere.

La realizarea zonelor de capăt ale fâşiilor din corpurile ceramice , se prevede un masiv frontal din beton armat, în care se lasă cârligele de agăţare.

Planşee prefabricate din panouri mari

Planşeele din panouri mari sunt alcătuite din plăci prefabricate din beton armat de dimensiunea unei camere, care se montează în cadrul structurilor din panouri mari (fig.22.6) sau pe diafragme de beton monolit.

Planşee prefabricate din panouri mari

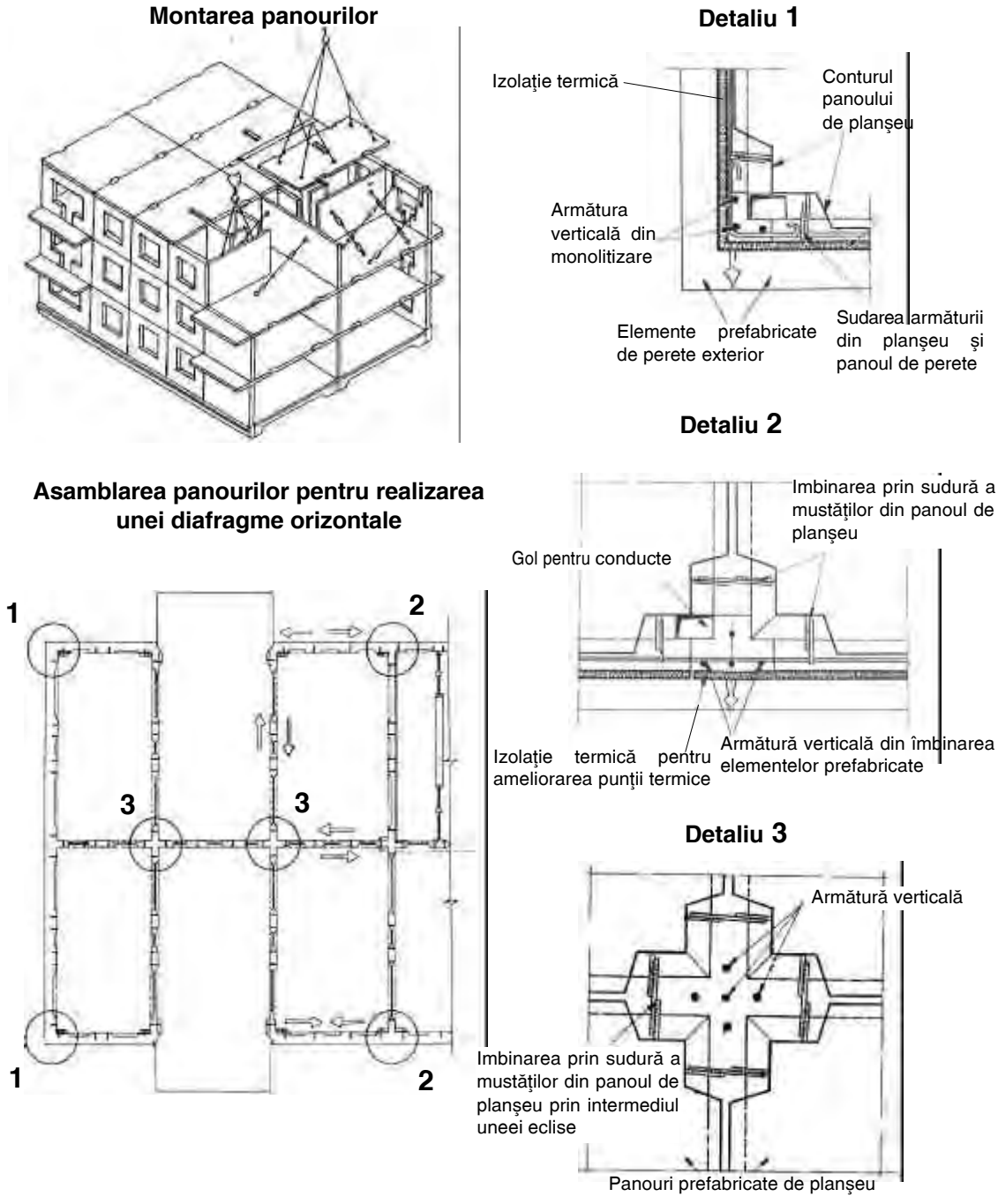


Fig.22.6 Planşee prefabricate din panouri mari din beton armat. Montare. Diafragmă orizontală din panouri mari. Detalii de îmbinare.

Panourile de planşeu se rigidizează între ele şi cu elementele portante verticale, pentru asigurarea conlucrării spaţiale a clădirii.

Planşeele din panouri mari prefabricate au următoarele avantaje:

- consumul redus de manoperă pe şantier, datorită volumului mic de lucrări de monolitizare şi finisare a tavanelor;
- durata de execuţie este redusă;
- realizarea unei bune legături între elementele structurale ale clădirii;
- rigiditatea sporită a planşeului în planul său;
- pozarea instalaţiilor electrice încă de la confecţionare.

Aceste planşee prezintă, insa, si dezavantajul ca necesită utilaje de montaj şi mijloace de transport de mare capacitate.

Alcătuire constructivă.

Panourile mari prefabricate se execută în fabrici de prefabricate sau poligoane specializate, din beton armat turnat în tipare metalice. Armarea se realizează cu plase sudate la partea superioară şi inferioară (fig.22.6).

Greutatea panourilor variază între 3...5 t, iar grosimea între 8...11 cm.

Panoul este prevăzut cu 4...6 urechi din oţel-beton montate de la turnare, pentru manevrare la montaj.

Pe conturul panourilor se prevăd mustăţi, care se sudează prin intermediul ecliselor ce asigură continuitatea armăturii şi se înglobează în centuri.

Panoul de planşeu se reazemă pe pereţi portanţi, prin intermediul dinţilor prevăzuti pe contur (fig.22.6) .

Dinţii sunt situaţi faţă în faţă, permiţând trecerea armăturii de continuitate (fig.22.6).

Avantajul acestei îmbinări pe contur permite preluarea abaterilor dimensionale şi de poziţie.

Panoul curent se reazemă pe patru laturi, prin intermediul unui mortar de poză, din mortar de ciment de marcă superioară.

Principii de calcul.

Asamblarea pe contur, prin armare şi betonarea golurilor prismatice a panourilor de planşeu, conduce la realizarea unei diafragme orizontale rigide.

Diafragmele orizontale se verifică la solicitări de înconvoiere şi de lunecare, ce rezultă din acţiunea încărcării vântului sau a cutremurului, aferent nivelului respectiv.

Determinarea solicitărilor M şi T într-o secţiune la o distanţă de capătul planşeului se face considerându-se că porţiunea din stânga secţiunii lucrează în consolă.

Verificările pentru diafragma orizontală cuprind:

- determinarea stării de eforturi de compresiune şi întindere din înconvoiere;
- verificarea armăturii pentru preluarea eforturilor de întindere;

• determinarea eforturilor de lunecare din rosturile transversale şi longitudinale dintre panourile de planşeu;

• verificarea panelor de beton armat, create prin şicanarea feţelor laterale, datorită eforturilor de lunecare din rosturile transversale şi longitudinale dintre panourile de planşeu.

Planşee cu predală prefabricată din beton armat

Planşeele cu pradală au o alcătuire mixtă, monolită şi prefabricată.

Partea inferioară - predala - are o dublă utilizare, cofraj pentru suprabetonare şi înglobează armătura de rezistenţă de la partea inferioară a planşeului.

Conlucrarea între betonul armat monolit şi predala prefabricată se realizează prin conectori (fig. 22.7).

Aceştia pot fi sub formă de bucle (rezemare discontinuă) ferme plane , spaţiale din oţel beton (rezemare continuă) sau chiar prin aderenţa între cele două straturi de beton.

Numărul conectorilor, sub formă de bucle, se fixează funcţie de suprafaţa planşeului, iar planul vertical al buclelor este paralel cu latura mică a predalei. Conectorii sub formă de ferme se pozează pe direcţia scurtă a predalei.

La planseele cu suprafete mari, predala se poate concepe din doua sau trei elemente, iar imbinarea va lua in considerare modul de lucru, in ansamblu, a predalei.

Se vor indica detalii in cazul intreruperii barelor de repartitie si a celor de rezistenta, in vederea restabilirii continuitatii acestora.

Grosimea planşeului, alcătuit din predală şi suprabetonare, se stabileşte din calcul.

Încărcările permanente, utile şi cele din faza de execuţie, împreună cu mărimea deschiderii, vor influenţa grosimea planşeului mixt (predala şi suprabetonare).

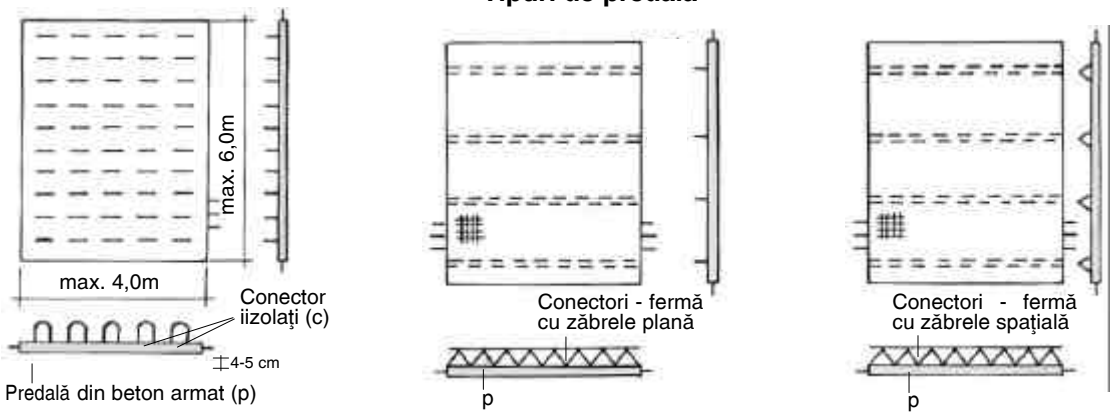
La conceptia predalei, armatura se va dispune astfel incat sa asigure rigiditatea la incovoiere, in timpul punerii in opera.

La montajul predalei se va utiliza un element auxiliar (cadru metalic cu cablu compensator), in scopul evitarii fisurarii si cedarii.

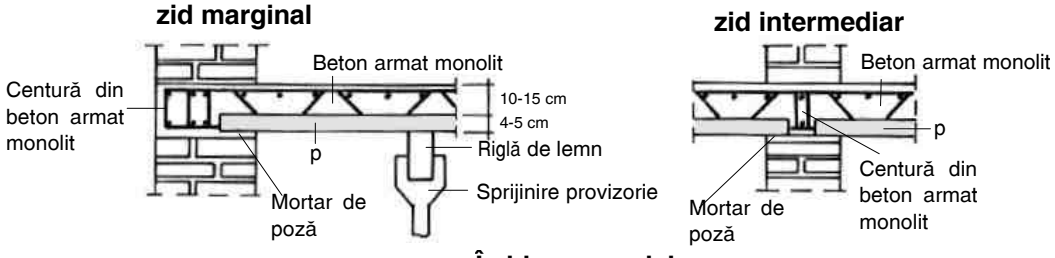
Sprijinirea provizorie a predalei, in vederea suprabetonarii, se va concepe constructiv adecvat si se va verifica prin calcul.

Planşee cu predală prefabricată din beton armat.

Tipuri de predală



Rezemare planşeu



Îmbinare predale

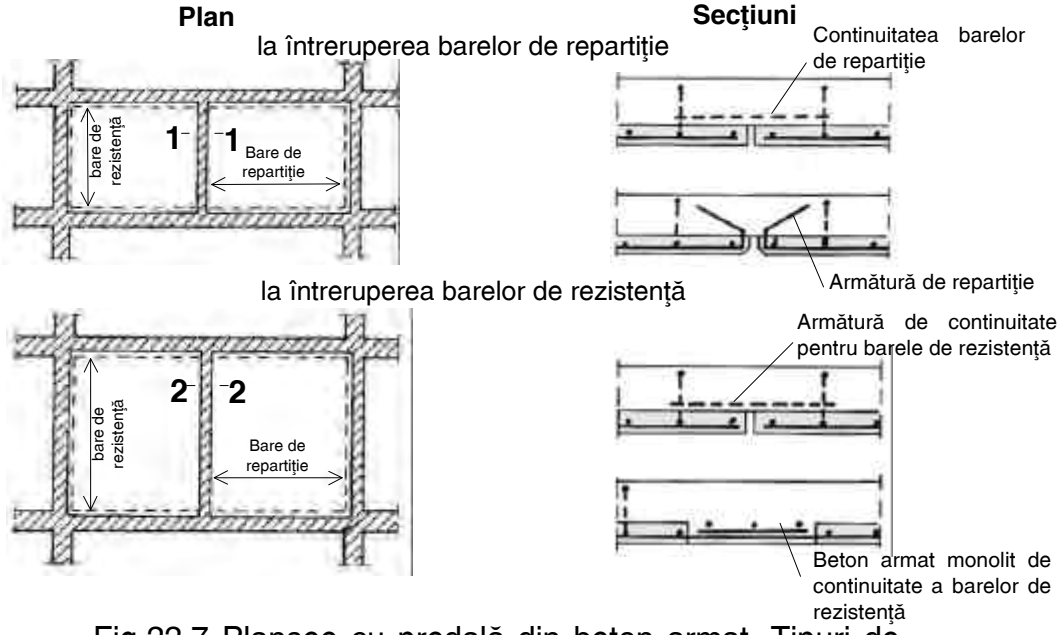


Fig.22.7 Planşee cu predală din beton armat. Tipuri de predale. Rezemare planşeu. Pozare predale. Plan. Secţiuni.

22.6. PLANŞEE DIN BETON ARMAT MONOLIT

Planşeele din beton armat monolit se caracterizează prin aceea că placa, grinzile sau capitelul se toarnă în cofraje chiar pe locul pe care îl vor ocupa în cadrul clădirii.

Folosirea pe scară largă a acestor planşee este justificată de următoarele avantaje:

- sunt rezistente la încărcări mari;
- realizează o bună legătură cu elementele portante verticale (stâlpi, ziduri portante) asigurând clădirii o rigiditate spaţială la sarcini orizontale din cutremur;
- sunt durabile în timp;
- au o rezistenţă mare la foc;
- se pot executa la orice fel de clădiri.

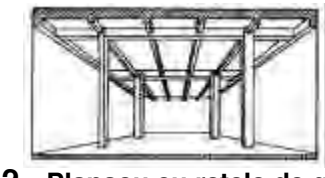
Planşeele din beton armat monolit prezintă o serie de dezavantaje,: au greutate mare, consum mare de material lemnos pentru realizarea cofrajului, decofrarea se face după 2-3 săptămâni, iar pe timp friguros necesită condiţii speciale.

Funcţie de modul de transmitere a sarcinii de la planşee la elementele verticale portante, planşeele din beton armat monolit sunt de următoarele tipuri (fig.22.8):

- planşee cu grinzi principale şi secundare , la care sarcinile se transmit de la placă la nervură (grinda

Tipuri de planşee din beton armat

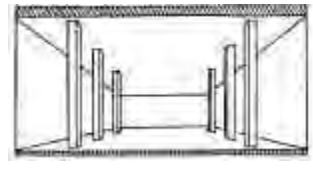
1. Planşeu cu grinzi principale şi secundare



2. Planşeu cu reţele de grinzi

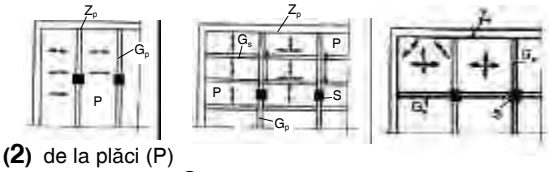
3. Planşeu tip ciuperci

4. Planseu dală



Transmiterea încărcărilor

(1) de la plăci (P) la nervuri (G_s), la grinzi principale (G_p), la stâlpi (S) sau ziduri portante (Z_p)



(2) de la plăci (P) la grinzi (G), la ziduri (Z_p)

(3) de la plăci (P) la capitel (C), la stâlpi (S)

(4) de la plăci (P) direct la stâlpi (S)

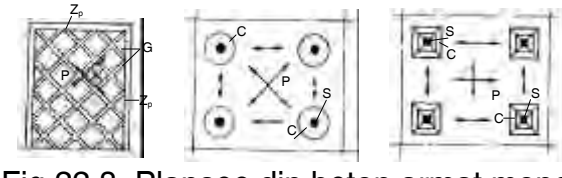


Fig.22.8 Planşee din beton armat monolit. Tipuri. Transmiterea încărcărilor de la planşee la elementele verticale ale structurii

secundară), iar în continuare la grinda principală, ca în final să ajungă la fundaţii prin intermediul stâlpului sau al zidului portant;

- planşee cu reţele de grinzi, la care sarcinile se transmit numai la placă şi grinzi (care au aceeaşi înălţime); acestea sunt aşezate paralel sau diagonal faţă de laturile principale;
- planşee tip ciuperci ce transmit sarcina de la plăci la stâlpi prin intermediul capitelului;
- planşee dală care transmit direct sarcinile de la plăcile groase la stâlpi.

Planşee cu grinzi principale şi secundare

Aceste planşee (fig.22.9) sunt alcătuite din plăci drepte, care reazemă pe grinzi secundare (nervuri) şi principale.

Plăcile. Aceste elemente de construcţie au două dimensiuni (lăţime, lungime), mult mai mari faţă de a treia, care este grosimea plăcii.

Placa plană (definită de suprafaţa mediană şi de grosime), rezemată pe contur, încărcată cu sarcini verticale, capătă deformaţii elastice şi plastice, funcţie de eforturile unitare produse în beton.

Modul de lucru al plăcilor este influenţat de:

- dispunerea pe reazeme, pe 1,2,3 sau 4 laturi (fig.22.9);
- raportul dimensiunilor laturilor (fig.22.9).

Placa de beton armat va căpăta, funcţie de aceste condiţii, o deformaţie cilindrică sau o deformaţie sferică (fig.22.9)

În cazul apariţiei deformaţiei cilindrice, placa (lucrând pe o singură direcţie) se poate considera ca fiind alcătuită din fâşii paralele, de lăţime **b**, lucrând individual şi identic.

La plăcile unde apare deformaţia sferică, lucrând pe două direcţii, împărţirea pe fâşii trebuie făcută pe ambele direcţii. Aceste fâşii vor conlucra mai mult sau mai puţin, în funcţie de raporturile laturilor, la transmiterea încărcărilor pe reazeme.

Placa armată pe o direcţie (l_1/l_2) transmite sarcina verticală la nervuri (grinzi secundare), pentru ca acestea, în final, s-o transmită la grinzile principale. Această structură imită rezolvările structurale de la lemn sau metal, lăsând nefolosită posibilitatea betonului armat de a lucra spaţial.

Aceste plăci se calculează pe fâşii de 1,0 m lăţime paralel cu latura scurtă; după această latură se dispune şi armătura de rezistenţă.

Pe reazeme se ridică până la 2/3 din armătura zonei de câmp (pre;uand momentele pozitive), şi anume la 1/5 din deschidere (fig.22.9).

Armăturile de repartiţie vor acoperi momentele încovoietoare de pe direcţia lungă, care apar datorită sarcinilor repartizate uniform, a rigidităţii grinzilor paralele cu direcţia de armare a plăcii şi a deformaţiei plăcii pe deschiderea mare.

Planşee cu grinzi principale şi secundare din beton armat monolit

Moduri de rezemare şi de lucru a plăcilor

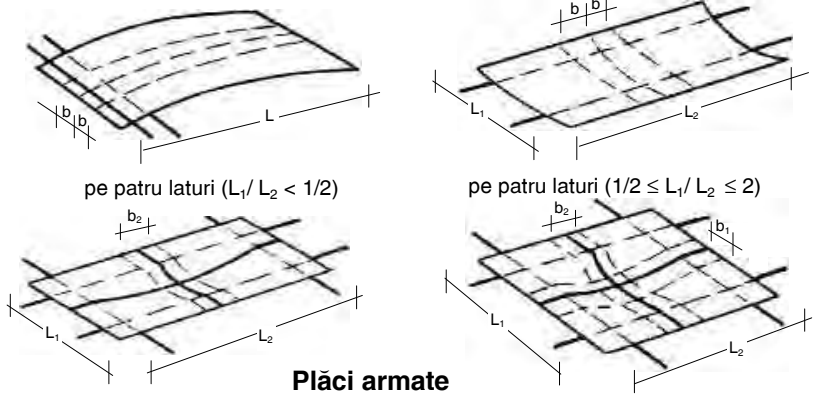
Placă rezemată

pe o singură latură

pe două laturi

pe patru laturi ($L_1/L_2 < 1/2$)

pe patru laturi ($1/2 \leq L_1/L_2 \leq 2$)

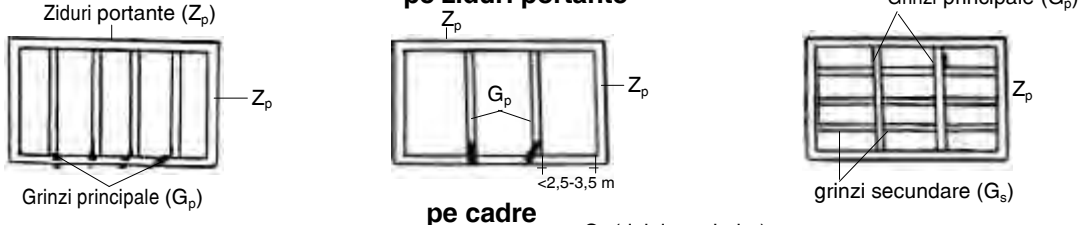


Plăci armate

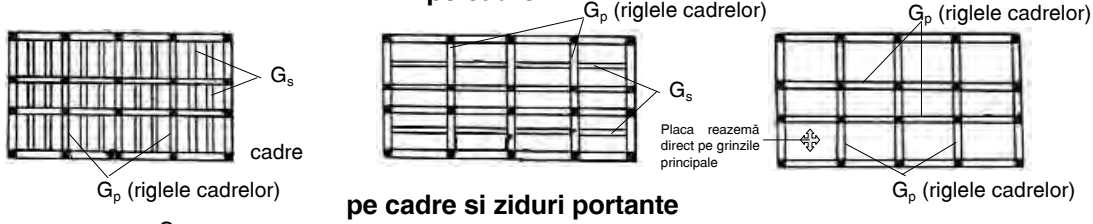
după o direcţie **după două direcţii** (max. 5x5 m sau 4x6 m)

Distribuţia grinzilor la structurile

pe ziduri portante



pe cadre



pe cadre si ziduri portante

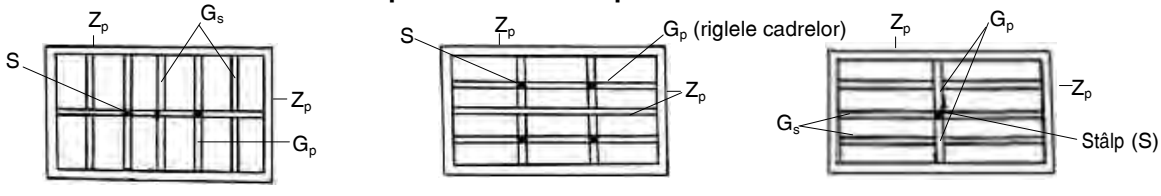


Fig.22.9 Planşee cu grinzi principale şi secundare. Rezemare plăci. Mod de armare. Distribuţia grinzilor

Placă armată (cruciş) după două direcţii. La acest tip de placă dispare noţiunea de grindă secundară sau principală. Ea trebuie să îndeplinească condiţia l_1/l_2 <2. Grinzile, pe care se descarcă placa, se încarcă funcţie de raportul l_1/l_2. În cosecinţă, sarcina verticală ce acţionează pe placă ajunge la toate grinzile de pe contur, împărţindu-se conform deformaţiei plăcii.

Dacă la placa armată pe o direcţie indicele de parcurs al sarcinii este patru (placă, nervură, grindă principală, stâlp), la placa armată după două direcţii acelaºi indice are valoarea trei (placă, grindă, stâlp).

Teoretic, aceste plăci armate după două direcţii, simplu rezemate pe contur, suportă, la aceeaşi deschidere, o încărcare de trei ori mai mare decât cele armate pe o singură direcţie.

Plăcile armate după două direcţii sunt mai economice decât cele armate pe o direcţie, până la deschideri de maximum 4,50 m.

Capacitatea portantă a plăcilor armate după două direcţii creşte simţitor odată cu folosirea betoanelor de marcă superioară şi cu utilizarea armăturii cu diametru mic, distribuită la distanţe mici. Pentru a obţine un spor important al capacităţii de rezistenţă, la plăcile simplu rezemate pe contur se va concentra armătura spre partea centrală a plăcii.

Grinzile planşeului sunt elemente încovoiate a căror amplasare depinde de caroiajul stâlpilor sau de poziţia zidurilor de cărămidă (fig.22.9).

Grinzile principale reazemă pe direcţia cu deschiderea mică, iar grinzile secundare sunt mai scurte decât cele principale.

Distribuţia grinzilor mai este condiţionată şi de raţiuni arhitectonice şi de comportarea, în ansamblu, a clădirii la sarcini orizontale.

Pozarea grinzilor secundare se face în funcţie de încărcarea planşelui distanţa economică este de 1,50...2,5 m ajungându-se şi la 3,5m în cazul unui singur rând de grinzi ºi sarcini mici.

Grinzile principale, care sunt reazeme fixe pentru grinzile secundare, au între ele distanţa de 4,0...6,0m, ajungând (nu din considerente economice) până la 7,50m.

La planºeul cu grinzi principale şi secundare, grosimea plăcilor armate pe o direcţie este a/40 (a distanţa între grinzile secundare), iar inaltimea grinzilor secundare - $l_2/20$ (l_2 latura scurtă a caroiajului) şi a grinzilor principale - $l_1/15$ (l_1 latura lungă a caroiajului).

Pe porţiunile din planşee unde este necesar să se pozeze goluri pentru instalaţii sau coşuri, se execută grinzi gemene sau să bordeaze golul cu grinzi care se descarcă în grinzile planşeului.

Încastrarea grinzilor planşeului în zidărie produce eforturi ce se repartizează aproximativ triunghiular; M reprezintă momentul încovoitor din încastrare; acesta nu va fi mai mare decât cel rezultat dintr-o încastrare

perfectă a grinzii. Armătura de pe reazem este determinată de acest moment M. În peretele de zidărie, eforturile de compresiune locala trebuie să fie mai mici decât eforturile unitare de compresiune pentru zidărie cu mortar de var şi ciment.In cazul depasirii acestor valori, grinda planşeului se lăţeşte pe reazem.

Din considerente estetice, în cazul planşeelor cu grinzi principale şi secundare se recomandă realizarea tavanului drept (plan). Acest lucru se poate obţine mascând planşeul cu un tavan fals, realizat din plăci de ipsos carton suspendat prin intermediul unui schelet metalic. Altă modalitate de realizare a tavanului plan este planşeul cu grinzi întoarse, între care se toarnă o umplutură din beton uşor peste care se pozează pardoseala.

Planşee reţele de grinzi (casetate)

Grinzile, în general cu aceeaşi secţiune, dirijate după două sau mai multe direcţii, caracterizează planşeele din beton armat monolit de tip reţele de grinzi.

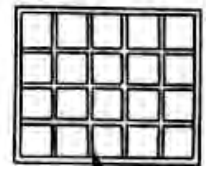
Reţelele de grinzi folosite la acest tip de planşee sunt (fig.22.10):

- grinzi paralele cu cele două direcţii ale zidurilor încăperii;
- grinzi pozate pe două direcţii aproape rectangulare făcând cu zidurile unghiuri de 45^0.

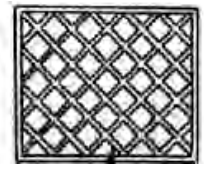
În cazul acestor planşee, sarcinile verticale vor încărca integral conturul portant. La planşeele de formă aproximativ pătrată, momentele

Planşee cu reţele de grinzi

Grinzi paralele cu zidurile portante



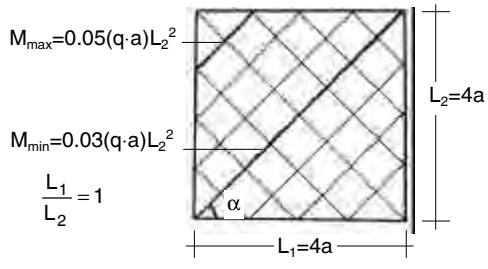
Grinzi la 45^0 cu zidurile portante



Sistem de grinzi mixte

Comparaţia planşeului reţele de grinzi cu planşeul din grinzi principale şi secundare

A. Planşeu în reţele de grinzi în diagonală



Planşeele în reţele sunt încărcate mai uniform, deci permit adaptarea unor secţiuni mai mici. Grinzile de colţ, cele scurte, sunt cele mai solicitate şi invers la grinzile lungi din câmp.

B. Planşeu cu grinzi principale şi secundare

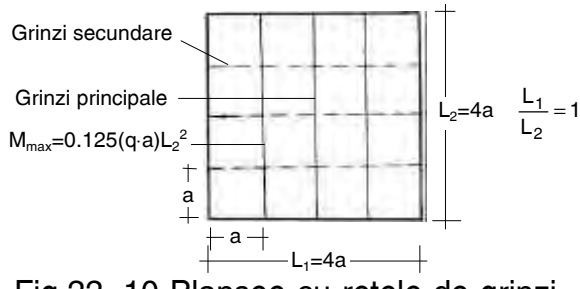


Fig.22. 10 Planşee cu reţele de grinzi. Tipuri. Comparaţie cu planşeul cu grinzi principale şi secundare (A,B).

încovoietoare ce solicită grinzile au valori apropiate.

Planşeele casetate cu grinzi paralele prezintă eficienţă economică atunci când raportul laturilor încăperii $l_1/l_2 \leq 1,5$. În cazul când raportul $l_1/l_2 \geq 1,5$, apare eficientă folosirea planşeelor cu reţele grinzi înclinate cu un unghi α faţă de margini.

La acest tip de planşee, grinzile cele mai solicitate sunt cele de colţ, adică cele scurte; grinzile din câmp, mai lungi, sunt mai puţin încărcate.

Avantajele acestui tip de planşeu ies în evidenţă dacă le comparăm cu cele ale planşeelor cu grinzi secundare şi principale (fig.22.10).

- grinzile sunt încărcate uniform, datorită distribuţiei încărcărilor, permiţând adaptarea unor secţiuni mai mici;
- se pot acoperi deschideri peste limita admisibilă (fig.22.10) a planşeului cu grinzi secundare şi principale;
- pentru anumite raporturi se poate face o economie de beton de 30%.

Reţelele de grinzi prezintă avantaje datorită conlucrării grinzilor diagonale şi a celor de colţ, care sunt legate de centura generală a planşeului.

Lumina casetelor se considera 1,8...3,0 m din raţiuni estetice, putându-se micşora la 1,0 m.

Planşee tip ciuperci

Aceste planşee din beton armat monolit (fără grinzi) sunt alcătuite din plăci plane rezemate direct pe stâlpi, prin intermediul capitelurilor (fig.22.11).

Prin dispariţia grinzilor, placa de beton, singurul element orizontal, este destinată să primească şi să transmită sarcinile exterioare la structura de rezistenţă verticală.

Pe conturul planşeului se pot dispune şi grinzi deasupra stâlpilor, renuţându-se la capitel; în unele cazuri, placa se scoate în consolă peste şirul de stâlpi marginali.

În plăcile acestui tip de planşeu se pot poza goluri de orice dimensiuni, cu condiţia ca secţiunile rămase să asigure preluarea eforturilor.

Planşeele fără grinzi prezintă avantaje din punct de vedere al reducerii înălţimii constructive (cu cca 8...10%), datorită suprimării spaţiului între placă şi faţa inferioară a grinzilor.

Ventilaţia, iluminarea (se elimină umbra grinzilor pe tavane) şi întreţinerea este mai bună la încăperile cu planşee tip ciuperci. Acestea aduc economii de cofraje, în special prin refolosirea lor.

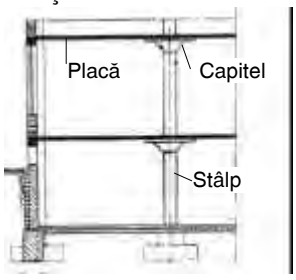
Elemente constructive. În cazul planşeelor ciuperci, distribuţia stâlpilor se face , funcţie de cerinţele funcţional-estetice şi economice.

În plan, stâlpii pot forma un caroiaj de pătrate sau dreptunghiuri. Distanţa între stâlpi e recomdabil să nu depăşească 6 m. Grosimea minimă a stâlpilor se ia $l_1/20$ (l_1 interaxul stâlpilor, considerat pe latura mare), dar nu mai puţin de 30 cm.

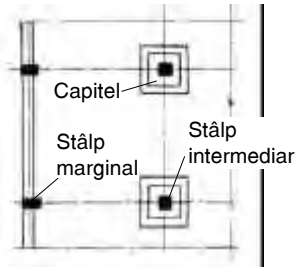
Planşee tip ciuperci din beton armat monolit

Plan cofraj

Secţiune transversală

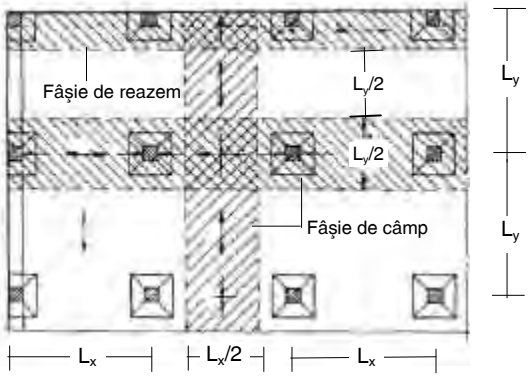


Plan

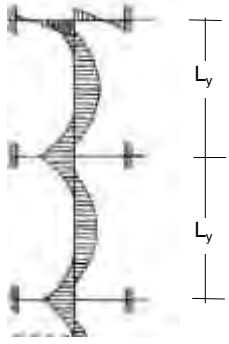


Descompunerea în cadre înlocuitoare

Fâşii de calcul

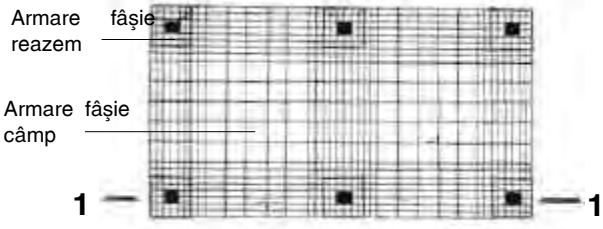


Schema statică. Diagrama de momente

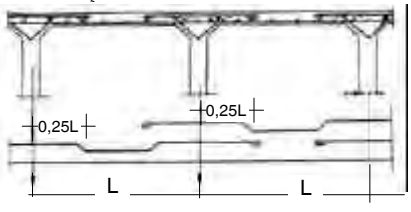


Plan armare

Plan



Secţiune transversală 1-1

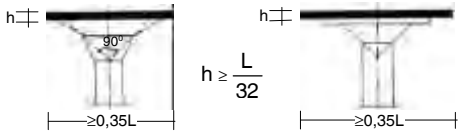


Capiteluri

pentru încărcări mici

Alcătuire constructivă

pentru încărcări mari



Armare

Fig.22.11 Planşeu tip ciuperci. Plan cofraj. Fâşii de calcul. Plan armare. Tipuri de capiteluri, alcătuire constructivă şi armare.

Placa planşeului ciupercă se dimensionează la momentele încovoietoare pozitive şi negative, pentru fâşiile de reazem şi pentru fâşiile de câmp (fig.22.11).

Grosimea minimă a plăcii este egală cu $l_1/32$ (minim 13 cm) la planşee cu capitel drept, iar $l_1/35$ (minim12 cm) la planşee cu capitel frânt (l_1 latura mare a interaxului stâlpilor).

Armarea economică a plăcii se realizează pe cele două direcţii paralele cu laturile caroiajului stâlpilor (fig.22.11).

Capitelul. Rolul principal al capitelului, în cadru planşeelor ciuperci, este de a micşora deschiderea de calcul a plăcii şi de a asigura rezistenţa la străpungere a plăcii.

Capitelul va mări rigiditatea ansamblului stâlp placă. Deci capitelul va facilita scurgerea eforturilor din placă în stâlpi şi va prelua în bune condiţii tensiunile ce apar datorită schimbării de direcţie în traseul forţelor.

Această îngroşare a stâlpului la contactul cu placa va micşora momentul încovoitor cu 20...30%.

Conturul capitelului se poate stabili prin calcule, funcţie de sarcina la care este supus planşeul şi de calitatea betonului pus în operă (fig. 22.11).

Capitelul poate avea forme în plan : pătrată, dreptunghiulară sau circulară.

La alcătuirea planşeelor ciuperci, se folosesc : capitelul simplu, fără placă, capitelul cu frântură şi capitelul cu placă de reazem. Cel mai raţional, datorită formei, este capitelul cu frântură (fig.22.11).

Condiţiile constructive ce trebuie respectate: lăţimea bazei capitelului; la intersecţia cu placa, trebuie să fie cel puţin 0,35 din deschiderea cea mare ; la capitelurile frânte, raportul optim h_1/h_2 este de 2/3.

Armarea capitelului se face constructiv (d = 8...10 mm).

Planşee dală

Planşeele dală sunt alcătuite dintr-o placă dreaptă ce reazemă direct pe stâlpi, fără intermediul capitelurilor.

Lipsa unor elemente de rigidizare, sporită faţă de placă schimbă modul de transmitere a forţelor, aducând lucrul în suprafaţă a întregii dale.

Avantajele arhitecturale fac ca acest planşeu să fie deosebit de apreciat şi solicitat de arhitecţi.

Utilizate la clădirile civile, aceste planşee prezintă o serie de avantaje: micşorarea înălţimii de construcţie prin eliminarea grinzilor, economie de cofraj prin refolosirea lui, reducerea finisajelor şi posibilitatea montării conductelor pentru instalaţii, în placa groasă a planşeului.

Legătura între placă şi stâlp, în cazul planşeului dală, prezintă tendinţe de străpungere; în acest loc apar eforturi importante de forfecare şi eforturi principale.

Îmbunătăţirea comportării planşeului în zona de legătură placă-stâlp se realizează prin limitarea grosimii minime a plăcii şi a lăţimii minime a stâlpilor. Grosimea minimă a plăcii se ia $l_{max}/35$ (minim 13 cm).

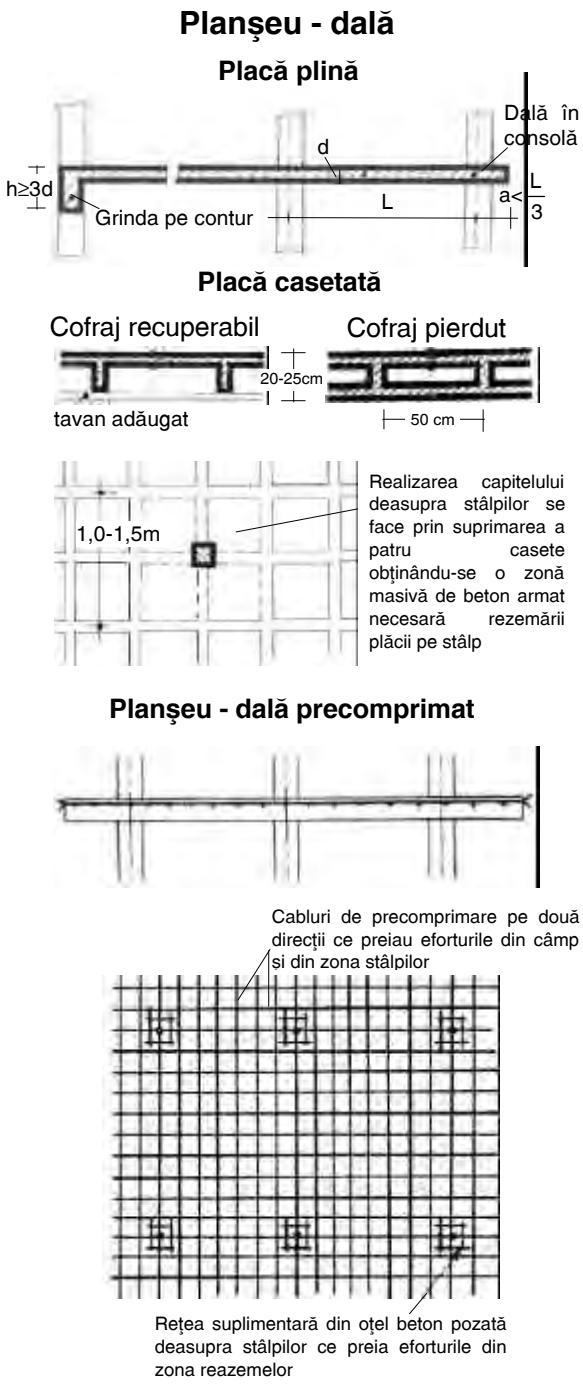


Fig.22.12 Planşeu - dală din beton armat monolit. Placă plină. Placă casetată. Planşeu-dală precomprimat

Grosimea plăcii se măreşte, comparativ cu planşeele tip ciuperci (la acelaşi caroiaj al stâlpilor, 6,0x6,0 m, secţiunea stâlpului 40x40 cm şi 8000 N/m^2 sarcină utilă), de la 17 cm la 21 cm, datorită măririi momentelor încovoitoare în câmp şi pe reazem.

La planşeele dală se recomandă folosirea betoanelor de marcă superioară, pentru micşorarea grosimii plăcii, dictată de eforturile principale în zonele de reazem. Acest lucru atrage după sine, la încărcări mari, armarea constructivă a fâşiilor din câmp.

Tipuri de planşee dală. Au apărut tipuri noi de planşee dală (fig.22.12), menite să sporească economicitatea planşeului, prin micşorarea consumului de beton şi mărirea înălţimii de lucru a armăturii.

Planşeul dală casetat, poate fi realizat fie printr-un cofraj pierdut, fie printr-un cofraj recuperabil.

La acest tip de planşeu, în jurul stâlpului se creează o zonă masivă de beton, necesară rezemării plăcii.

Planşeul dală din beton precomprimat urmăreşte micşorarea grosimii dalei, prin posibilităţile pe care le are betonul precomprimat de a rezista în bune condiţiuni la eforturile principale (fig.22.12).

Capitolul

23

SCĂRI

23.1.GENERALITĂŢI

Scările sunt elemente de construcţie care realizează legătura între clădire şi nivelul terenului exterior sau între nivele diferite ale spaţiului interior al clădirii.

Rolul scărilor este de a permite evacuarea rapidă a persoanelor din clădire, în caz de incendiu sau cutremur.

Scările trebuie să satisfacă o serie de condiţii privind :

- confortul circulaţiei, care depinde de efortul necesar parcugerii diferenţei de nivel şi de senzaţia de siguranţă a circulaţiei;
- rezistenţa şi stabilitatea scării la solicitările rezultate din sarcinile de exploatare (greutatea elementelor componente, greutatea oamenilor);
- aspectul plastic, prin folosirea scării şi ca element decorativ al spaţiului interior sau exterior.

Clasificare

Scările se pot clasifica după destinaţie şi rolul lor:

- scările monumentale urmăresc realizarea unui efect arhitectonic deosebit; în caz de incendiu sau cutremur, servesc la evacuarea rapidă a oamenilor din clădiri (maximum două nivele);
- scările principale servesc la circulaţia normală în clădire;
- scările secundare servesc la circulaţia de serviciu între diferite nivele sau numai la unele dintre ele, cum ar fi scări de pod, de pivniţă. Aceste scări, în general, nu se iau în considerare în caz de evacuare la incendiu sau la cutremur.

Casa scării

Casa scării este spaţiul special amenajat pentru amplasarea scărilor interioare. Trebuie să fie vizibilă şi accesibilă direct de la intrare.

Acest spaţiu din clădire, folosit pentru evacuare în caz de pericol, trebuie să fie separat de restul clădirii prin pereţi, planşee şi uşi rezistente la foc. Acest lucru este necesar pentru a se putea parcurge traseul complet până la nivelul ieşirii în exterior, fără a părăsi casa scării.

Pereţii de la casa scării trebuie să aibă grosimea minimă de 25 cm la zidărie şi de minimum 20 cm la beton, pentru protejarea acestui spatiu în caz de incendiu (fig.23.1.I).

Casa scării va fi ventilată şi iluminată natural. Suprafaţa ferestrelor este de cel puţin 1/14 din suprafaţa orizontală a casei scărilor, pentru fiecare etaj în parte. Când nu este posibilă iluminarea naturală, se admite lumina artificială, cu condiţia să fie asigurată posibilitatea de funcţionare, în orice moment (incendiu, cutremur) a unui sistem automat de iluminare artificiala. Este necesara posibilitatea de comunicare cu acoperisul cu pod sau tip terasa.

Forma în plan (fig.23.1.II) a scării depinde de: suprafaţa casei scării, de importanţa scării, de cerinţele arhitectonice şi de raporturile dintre dimensiunile casei scărilor.

Scările drepte, între doua nivele consecutive, prezintă o lungime mare dar necesită spaţiu redus. În cazul când numărul treptelor este mai mare de 15, se prevede un podest pentru odihnă (fig.23. 1.I) .

La construcţiile civile se folosesc, de obicei, scări cu două aripi paralele şi podest intermediar (fig.23.1.I). În cazul în care spaţiul disponibil din casa scării este limitat, se folosesc scări drepte cu trepte balansate.

Când circulaţia este redusă sau spaţiul este foarte mic, sunt utilizate scări în spirala.

23.2. ELEMENTE COMPONENTE

Elementele componenete ale unei scări (fig.23.1.III) sunt: treapta, contratreapta, rampa, podestul, balustrada.

Treapta reprezintă suprafaţa orizontală pe care se circulă.

Treptele au între ele aceeaşi diferenţă de nivel. Lungimea liberă a treptei este egală cu lăţimea scării şi este în funcţie de debitul curent al circulaţiei şi de dimensiunile obiectelor ce urmează a fi transportate pe scară.

Contratreapta reprezintă suprafaţa verticală care leagă două trepte consecutive, formând înălţimea treptei.

Raportul dintre înălţimea h şi lăţimea l a treptei dă panta scării. Între aceste elemente trebuie să existe relatia Blandel :

$$2\,h + l = 62 \ldots 64 \text{ cm} \qquad (23.1)$$

iar pentru grădiniţe

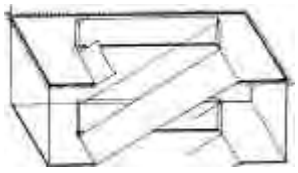
$$2h + l = 58 \ldots 60 \text{ cm} \qquad (23.2)$$

Panta scării este elementul determinant al confortului circulaţiei.

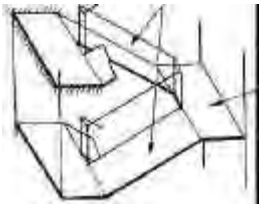
Funcţie de înălţimea contratreptei, scările pot fi : joase cu $h<16,5$ cm, mijlocii cu $h = 16,5 \ldots 17,5$ cm şi înalte cu $h = 17,6 \ldots 22,5$ cm. Treptele joase sunt recomandate pentru scări

Scări. Casa scării. Forme în plan. Elemente componente

I. Scară cu o singură rampă ce unește două nivele succesive



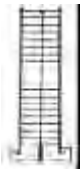
Scară cu rampă întoarsă la 180^0



În plan casa scării are lungimea aproape la jumătate cât la o scară cu o singură rampă

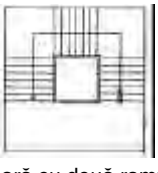
II. Forme în plan

Scară dreaptă cu o rampă cu podest

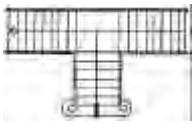


Scară dreaptă cu două rampe și cu podest

Scară cu trei rampe și două podeste



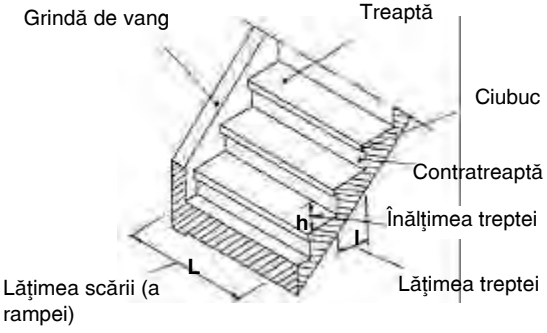
Scară cu trei rampe și un podest intermediar



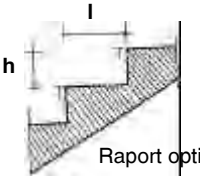
Scară cu două rampe și întoarcere cu trepte balansate

Scară elicoidală

III. Elemente componente



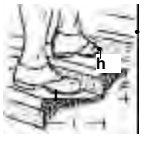
Raportul între înălțimea și lățimea treptei



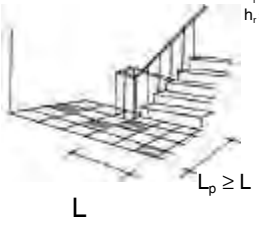
Formula lui Blondel

2 h + l = 62...64

Raport optim $\frac{h}{l} = \frac{17}{29}$



Dimensiuni podest



Distanța între rampe

h_r=2,20 m scări principale
h_r=2,00 m scări secundare
h_r=1,80 m scări provizorii

Lățimea scării funcție de numărul de fluxuri

un flux

L=90-100cm

două fluxuri

L=110-120cm

Fig. 23.1 Casa scării, având scară cu o singură rampă și cu două rame și podest intermediar (I.). Forme în plan (II.). Elemente componente. Dimensiuni treaptă, podest, distanță între rampe, lățimea scării (III.).

secundare, iar cele mijlocii pentru scări principale şi secundare.

Treptele înalte sunt indicate numai pentru scări secundare, iar cele cu h>19,5 cm sunt admise doar la scări de serviciu.

Raportul optim, care necesită efortul fizic minim la urcare, este h/l=17/29.

Pentru a realiza păşirea comodă, treapta se prevede cu un profil (ciubuc), care iese în consolă 2...5 cm. Profilul constituie, în acelaşi timp , şi un element decorativ.

Rampa este porţiunea înclinată a scării (fig.23.1.I,III), ce poate fi dreapta sau curba.

Numărul de trepte al unei rampe este de cel puţin 3 pentru o circulaţie comodă şi în condiţii de securitate, şi de cel mult 16 trepte. Peste acest număr, se recomandă a fi întrerupte prin podeste de odihnă.

Linia pasului este proiecţia în plan orizontal a liniei de călcare normală a treptelor. Această linie este paralelă cu parapetul rampei, la o distanţă de 50...60 cm de acesta.

Înălţimea liberă între două rampe suprapuse sau o rampă şi podestul superior este de cel puţin 2,20 m la scări principale şi 1,90 m la scări de serviciu, măsurat pe o rază ce pleacă de la muchia treptei (fig.23.1.III).

Grinda de vang este elementul de rezistenţă (grindă înclinată) pe care reazemă treptele sau planul rampei (fig.23.1.III).

Podestul face trecerea de la o rampă la alta sau de la o scară la nivelul unor suprafeţe plane orizontale.

Lăţimea podestului este egală cu lăţimea scării, pentru a asigura circulaţia numărului de fluxuri.

Balustrada (fig.23.2.I) se prevede la partea liberă a rampei sau podestului, trebuind să reziste la solicitările mecanice (evacuare oameni). Înălţimea de siguranţă a balustradelor e necesar să fie 0,8...0,9 m, putându-se reduce funcţie de lăţimea balustradei. Vor fi prevăzute balustrade şi în dreptul ferestrelor întretăiate de podestele scărilor.

Mâna curentă este o piesă profilată, situată în mod obligatoriu la partea superioară a balustradei. Ea este fixată solid de balustradă sau de pereţii scărilor, pe o singură parte a rampelor, la scările care deservesc 1...3 fluxuri, iar la scările mai late pe ambele părţi.

Forma şi secţiunea mâinii curente urmează a fi astfel conceputa, încât să fie uşor cuprinsă cu mâna (fig.23. 2.II).

23.3. DIMENSIONAREA FUNCŢIONALĂ

În cadrul dimensionării funcţionale, se vor determina prin calcul: lăţimea şi înălţimea treptelor, lăţimea rampei şi a podestelor.

Dimensiunile treptei, lăţimea şi înălţimea se stabilesc în funcţie de necesităţile funcţionale ale clădirii (fig.23.1.III) şi de destinaţia scării.

Înălţimea unei trepte (h) rezultă din condiţia

$$n.h = H \qquad (23.3)$$

în care:

n - numărul de trepte, astfel încât să fie un număr întreg;

H - înălţimea dintre etaje.

Cunoscând h, se poate determina lăţimea treptei b, din relatia lui Blandel

$$b+2h=62...\ 64\ cm \qquad (23.4)$$

Lăţimea rampei sau lungimea treptei se determină din considerente funcţionale şi de evacuare rapidă a clădirii, în caz de pericol.

La clădirile de locuit, cu populaţie redusă, lăţimea rampei rezultă din condiţii funcţionale şi din posibilitatea de a se putea transporta pe scară diferite obiecte.

La clădirile publice (cu aglomerare mare de oameni), lăţimea scării rezultă dintr-o dimensionare, pentru evacuare în caz de pericol.

Se consideră că evacuarea persoanelor se face sub formă de fluxuri şiruri de persoane aşezate una în spatele celeilalte care circulă pe scări spre exteriorul clădirii.

Lăţimea rampei se determină (fig.23.1.III) după nivelul cu cel mai mare număr de fluxuri, fără a se cumula fluxurile care vin de la niveluri diferite. Excepţie fac sălile de teatru sau cinematograf.

Numărul de fluxuri, prin care se evacuează persoanele se determină cu relaţia

$$F= N/C \qquad (23.5)$$

în care:

F numărul de fluxuri rezultat;

N numărul de persoane care trebuie evacuat;

C capacitatea de evacuare a unui flux, pe toată durata operaţiei de evacuare.

Rezultatele se rotunjesc la numărul întreg imediat superior.

Numărul de persoane N se determină din proiectul clădirii sau se stabileşte în funcţie de destinaţia acesteia.

La clădirile de locuit, se consideră o persoană la 10 m^2 suprafaţă utilă; la hoteluri, aria ce revine unei persoane este 8 m^2, la care se mai adugă un spor de 12 % pentru persoanele de serviciu şi eventualele persoane străine care s-ar afla în clădire.

Capacitatea de evacuare a unui flux (C) este indicată , în funcţie de destinaţia clădirilor. La clădirile de locuit, capacitatea de evacuare a unui flux este C =90.

Pe baza numărului de fluxuri, se determină lăţimea scării, care este cel puţin: 0,80 pentru un flux; de 1,10 pentru 2 fluxuri; de 1,60 pentru 3 fluxuri; de 2,10 pentru 4 fluxuri; de 2,50 pentru 5 fluxuri.

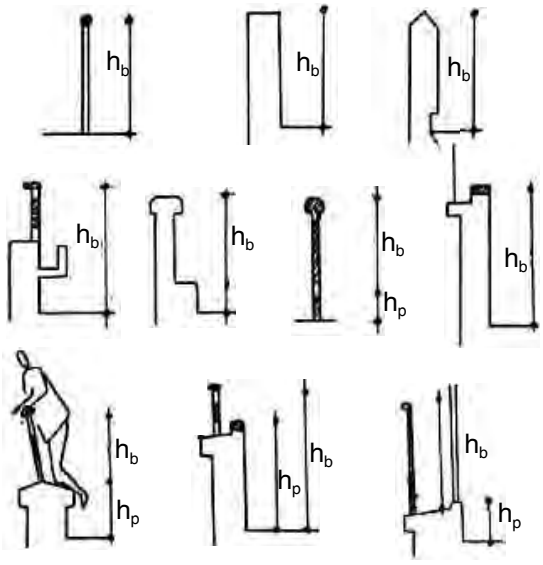
Lăţimile uzuale de scară sunt cele care corespund la 2...3 fluxuri. Lăţimea maximă a scarii nu se limitează, dar rampele cu lăţime peste 2,40 m vor fi împărţite pe toată lungimea lor cu balustrade intermediare.

Scările se vor menţine cu lăţime constantă, pe porţiunile unde circulaţia este aceeaşi.

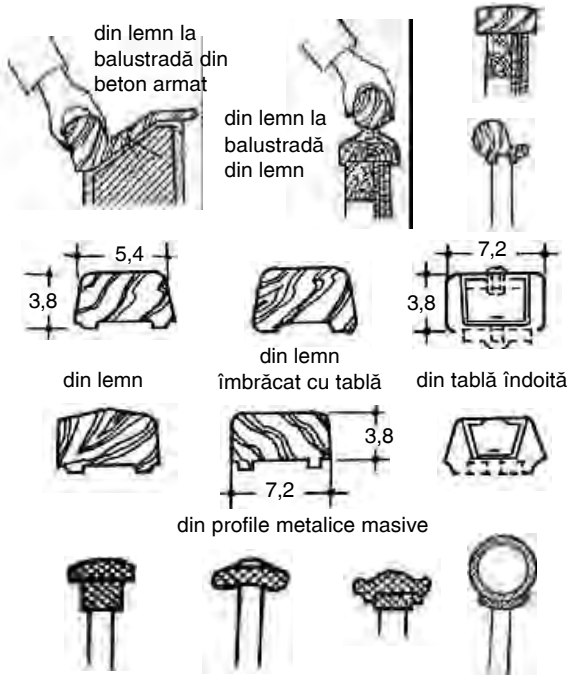
Scări. Balustrade. Mână curentă. Scări exterioare

I. Scări. Elemente componente.

Balustrade - parapete

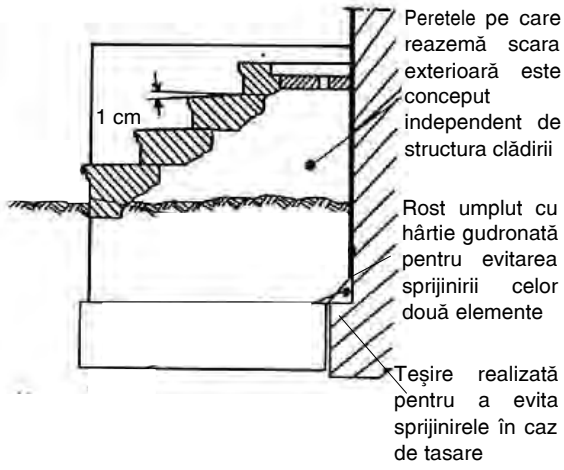


Mâna curentă

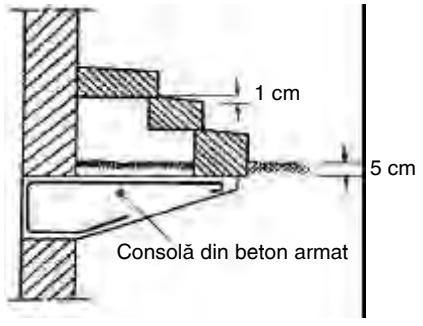


II. Scări exterioare

Scară independentă de clădire



Scară solidarizată de clădire



Scară cu trepte din piatră sau beton prefabricat

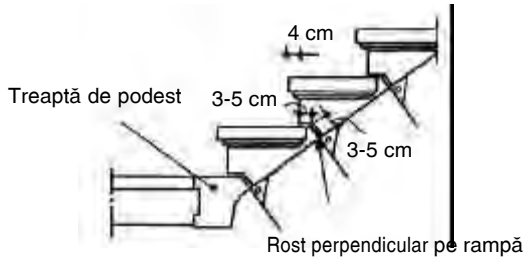


Fig. 23.2 Elemente componente scări. Balustrade, parapete. Mână curentă (I.). Scări exterioare (II.)

La clădirile de locuit, înălţimea şi lăţimea treptelor, lăţimea rampei şi a podestelor se menţin constante pe toate nivelele scării.

Podestele vor fi dimensionate funcţie de numărul de fluxuri care este identic cu cel de pe rampa scării, prin care se face evacuarea persoanelor.

Prin dimensiunile funcţionale ale scării înţelegem dimensiunile de gabarit în stadiul scarii finisate.

23.4. SCĂRI EXTERIOARE LA CLĂDIRI

Scările exterioare (fig.23.2.III), de la intrare sau de la subsol, vor rezema fie pe console legate de zidăria peretelui, fie pe fundaţii independente de restul construcţiei. Aceste fundaţii vor avea aceleaşi condiţii de fundare ca şi fundaţiile de mică adâncime care nu transmit sarcini mari şi anume : să fie încastrate în terenul bun de fundare şi să depăşească adâncimea de îngheţ.

Treptele şi podestul acestor scări, rezemate la ambele capete, trebuie să aibă o pantă redusă, spre partea inferioara a scării, pentru a permite scurgerea apei.

Execuţia acestor scări trebuie să fie făcută din materiale negelive: piatră sau beton.

Scările de piatra se realizeaza din rocile cele mai folosite, calcarele şi gresiile. Treptele masive de piatră se taie cu sau fără profil .

Suprafeţele treptei şi contratreptei pot fi buciardate sau frecate.

Intradosul acestor trepte se lasă, în general, brut (neprelucrat) ; dacă este vizibil, se prelucrează. Treptele din piatră se sprijină unele pe altele, pe o fâşie de 3...8 cm.

Scări de beton. Dala pe care se aşează treptele din beton poate rezema pe o umplutură de pământ, ca şi cofraj. Între stratul de pământ şi dala de beton se interpune un strat de nisip compactat.

Nivelul podestului exterior se recomandă a fi mai jos decât al pardoselii vestibulului de intrare. Între scara exterioară şi construcţie se prevede un rost de tasare sau armătura plăcii parterului se continuă cu aceea a scării.

SCĂRI INTERIOARE

După materialele frecvent folosite la execuţie, scările interioare pot fi: scări de lemn, scări metalice, scări din beton armat monolit sau prefabricate.

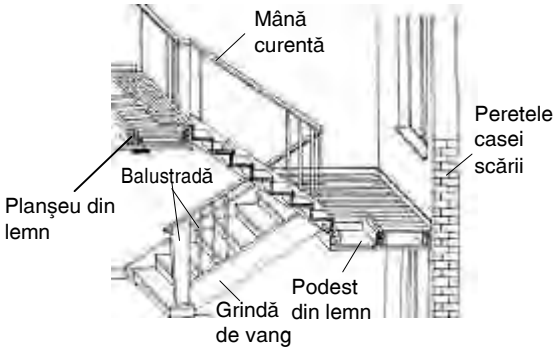
23.5. SCĂRI INTERIOARE DIN LEMN

Scările de lemn au un domeniu restrâns de folosire exclusiv la locuinţe individuale, cu parter şi etaj datorită unei comportări deficitare la incendiu.

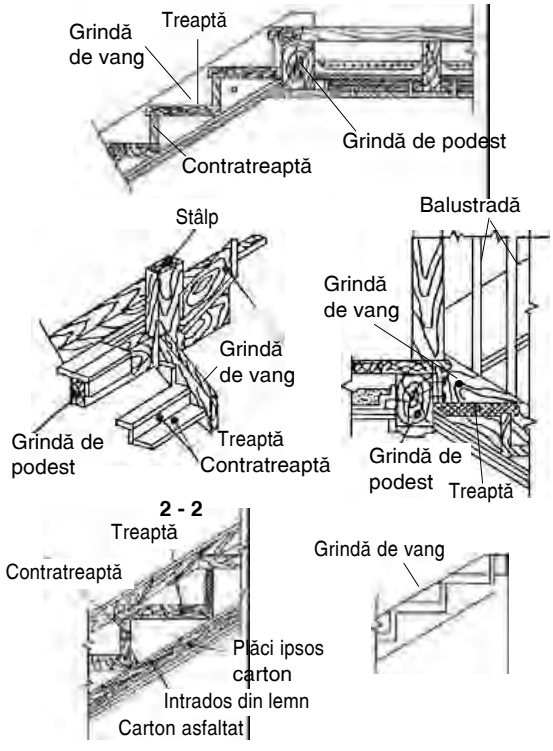
Lemnul de stejar se foloseşte mai des la scări, datorită rezistenţei la uzură şi a aspectului estetic obţinut prin lustruire.

Scările de lemn se utilizează într-o casă a scării proprie, dar şi în holul sau camera de zi a clădirii, realizând în

Scară din lemn



Rezemarea grinzii de vang pe grinda de podest



Montarea treptelor în grinda de vang

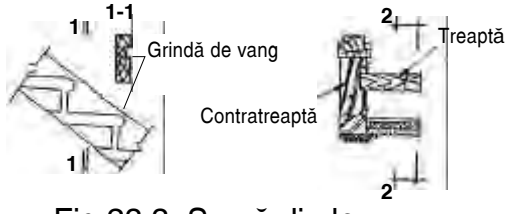


Fig.23.3 Scară din lemn

acest fel un element de decoraţie interioară.

Elementele principale de rezistenţă ale scării (fig.23.3), cele două vanguri de lemn ecarisat, sunt solidarizate între ele de treptele executate din dulapi , de esenţă tare (grosime 4...5 cm). Treptele se îmbină cu grindă de vang, prin intermediul unor şipci prinse de vang, care urmăresc forma treptelor.

Contratreapta din scândură se prinde de treaptă, la partea ei superioară sau inferioară.

La scările mai late, solidarizarea, între grinzile de vang, se face prin buloane metalice cu tije filetate.

Grinzile de vang se ancorează la extremităţile de fundaţii, de grinzile planşeului sau ale podestului.

Podestele sunt porţiuni de planşeu care primesc în plus acţiunea grinzilor de vang ce reazemă între ele.

Intradosul scărilor de lemn poate fi cu treptele vizibile finisate ori acoperite cu scânduri lămbuite sau tencuite.

23.6. SCĂRI INTERIOARE DIN METAL

Clădirile industriale constituie aria unde se folosesc uneori scările metalice, a căror utilizare este dictată de cerinţele tehnologice (structuri de rezistenţa metalice) şi spaţiu redus pentru amplasare.

Grinzile da vang se realizează din oţel U,I,T, rotund, tablă subţire formată la rece sau profile compuse din tablă groasă solidarizate cu corniere.

Treptele şi contratreptele (fig.23.4) se execută din tablă groasă din oţel, tablă striată, rigidizate cu corniere.

Treptele şi contratreptele, alcătuite din tablă presată, sunt astfel formate, încât rigiditatea treptei se realizează prin nervuri verticale.

Grinzile de vang reazemă pe fundaţii sau pe un planşeu de beton armat, prin intermediul unor corniere ancorate cu buloane de scelment (fig.23.4).

Treptele pot fi prevăzute deasupra sau în dreptul grinzilor de vang.

Se pot folosi scări metalice cu trepte din scânduri de stejar de 5 cm grosime.

Intradosul scărilor metalice poate fi finisat şi prin fixarea unor plăci de ipsos carton, prin intermediul unor bare metalice suplimentare .

Parapetul, din oţel cornier sau oţel rotund, se poate fixa, la partea superioară sau lateral, de grizile de vang.

Mâna curentă la parapeţi se realizează din cornier sau din oţel rotund.

23.7. SCĂRI INTERIOARE DIN BETON ARMAT

Scări din beton armat monolit. Datorită importanţei scărilor în caz de evacuare forţată, este indicată folosirea betonului armat, material cu rezistenţe mecanice favorabile la temperaturi ridicate (fig.23.5).

Scara de beton armat transmite sarcinile spre structura de rezistenţă a clădirii , prin intermediul casei scărilor.

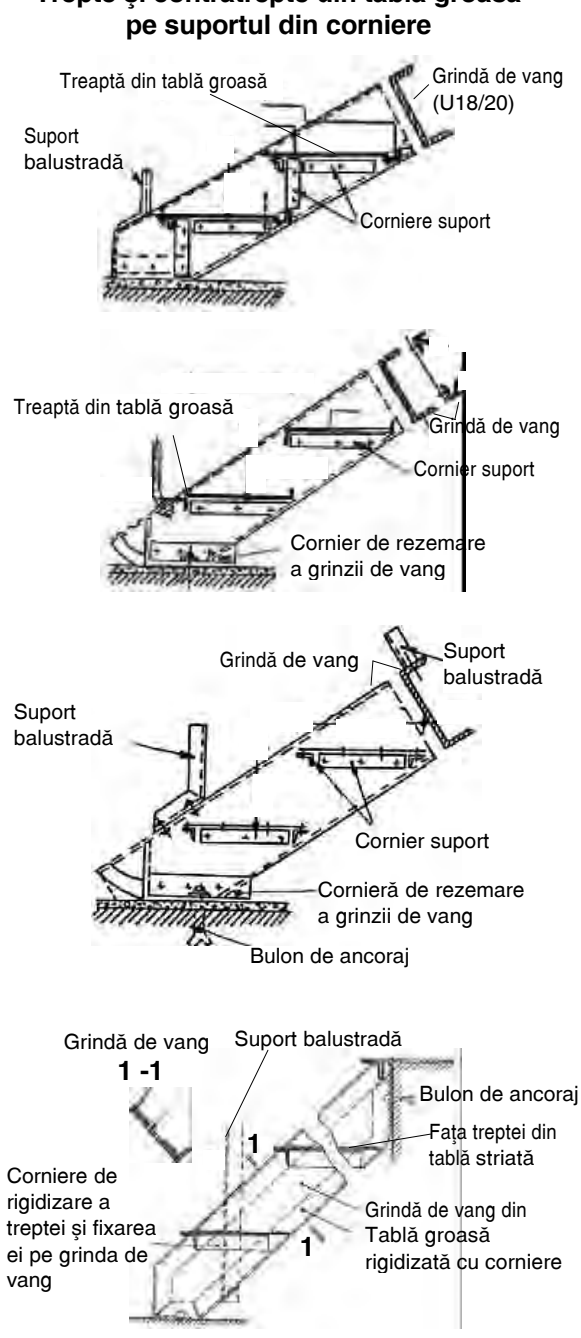


Fig.23.4. Scară metalică

Rampa scării din beton armat monolit este o dală rezemată longitudinal, descărcându-se pe podeste sau rezemată transversal şi transmiţând sarcinile pe pereţii longitudinali sau pe grinzile de vang.

Rezemarea longitudinală a rampei se poarte realiza prin intermediul plăcii podestului, care, la rândul său poate fi rezemat pe 2 sau 3 laturi. Acest tip de rampă continuă conlucrează în plan vertical cu podestul (împiedicat a se roti în plan vertical), care necesită grosime şi armare sporită.

Altă soluţie de rezemare longitudinală a rampei este pe grinzi de podest grinzi amplasate la intersecţia între rampă şi podest.

Rezemarea rampei prin intermediul grinzilor de vang (grinzi înclinate) se foloseşte atunci când deschiderea rampei este mare.

Rezemarea pe grinzile de vang se poate realiza prin :

- amplasarea acestor grinzi la marginile rampei (în cazul casei scării vitrate) sau puţin retrase spre interior, în scopul micşorării grosimii aparente a rampei ;
- prelungirea acestor grinzi, care servesc şi la rezemarea podestului;
- amplasarea unei singure grinzi centrale, care va avea dimensiuni mărite comparativ cu soluţia grinzii de vang marginale, reducând astfel gabaritul liber al scării.

Rezemarea transversală a rampei se realizează în pereţii longitudinali ai casei scării. Dala continuă pe mai multe nivele şi frântă la intersecţia rampei cu podestul se comportă ca o placă subţire, prismatică. Această comportare spaţială dă scării o rigiditate mare, cu toate că nu are grinzi de rezemare.

În cazul când nu se consideră conlucrarea rampei cu podestul, rampa se va încastra în pereţii longitudinali ai casei scării, iar podestul va lucra separat, fiind încastrat pe trei laturi în zidurile casei scării, iar pe a patra rezemat pe o grindă de podest.

Treptele, la scările din beton armat monolit, pot fi alcătuite din beton simplu turnate peste o placă armată sau turnate împreună cu dala din beton armat (fig.23.5).

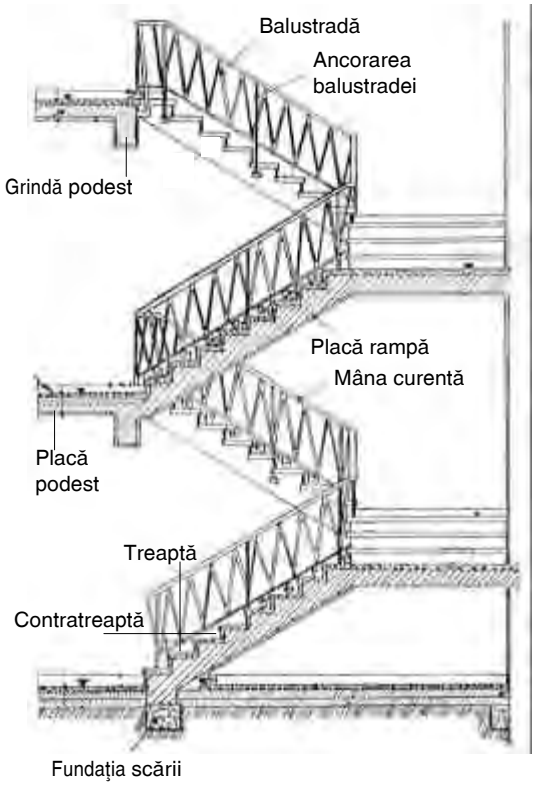
Datorită efectului arhitectonic deosebit, se utilizează din ce în ce mai des **scările cu placă treaptă - contratreaptă**. La acest tip de scări, sarcinile exterioare vor determina eforturi care sunt preluate numai de trepte şi contratrepte. Dacă unghiul între trepte şi contratrepte este de 90^0, aceste scări poartă denumirea de scări ortopoligonale.

Solicitarea preponderentă, la acest tip de scări, este încovoierea.

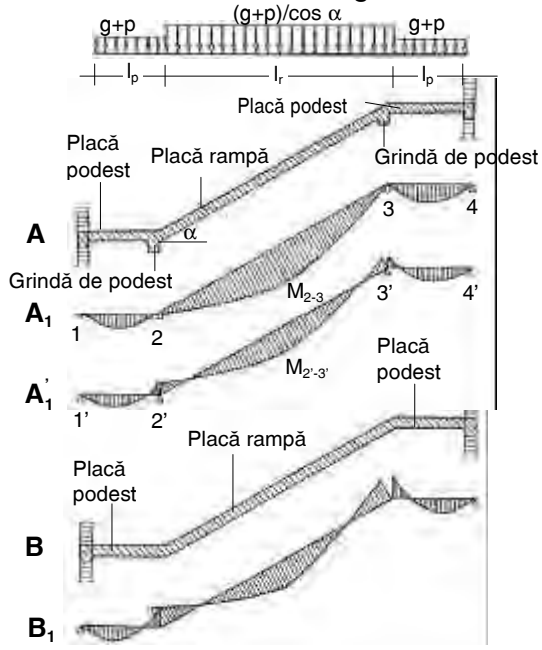
Armarea scărilor ortopoligonale se poate realiza cu armături continue şi etrieri sau armături continue şi cu bare suplimentare înclinate (fig.23.5). Pentru simplificarea calculelor, grosimea treptelor va fi egală cu cea a contratreptelor.

Scări din beton armat monolit

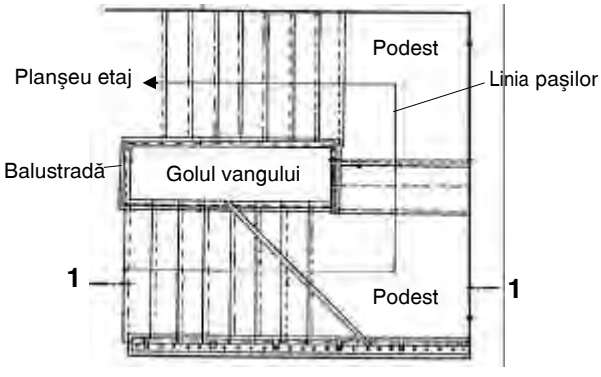
Secţiune transversală 1-1



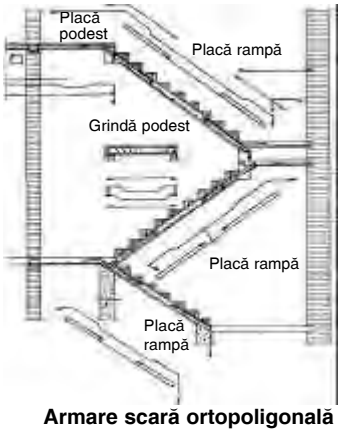
Scheme statice. Încărcări. Diagrame eforturi.



Plan



Armarea scării



Armare scară ortopoligonală

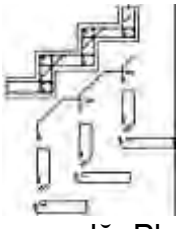


Fig. 23.5 Scară din beton armat monolit. Secţiune transversală. Plan. Scheme statice. Armare.

Datorită concentrărilor de eforturi, în locurile de frângere a liniei mediane se prevăd armături înclinate.

Scări din beton armat prefabricat. Capacitatea de ridicare a macaralelor va influenţa asupra adoptării uneia dintre următoarele soluţii de elemente prefabricate la scări de beton armat, în ordinea creşterii gradului de industrializare :

- trepte prefabricate independente;
- trepte, contratrepte şi grinzi de vang;
- rampă şi semipodest prefabricat .

Treptele prefabricate independente pot fi elemente cu goluri sau fără goluri, pot rezema la capete pe grinzi de vang monolite sau încastrate în zidărie.

Treptele dreptunghiulare vor rezema între ele pe o fâşie de 4 cm; cele triunghiulare au suprafaţa de contact teşită, contactul realizându-se printr-un rost frânt, cu laturi de 3 cm.

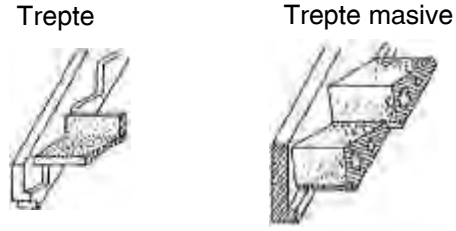
Grinzile de vang prefabricate pot avea secţiunea transversală în formă de L, iar cea longitudinală sub formă de cremalieră. Grinzile de vang reazemă pe grinzi de podest, care pot fi prefabricate sau monolite (fig.23.6).

Scările cu rampă prefabricată (fig.23.6) din beton armat au treptele şi grinzile de vang cuprinse într-un singur element (pot fi realizate cu vang marginal sau central) asemănător cu structura chesoanelor.

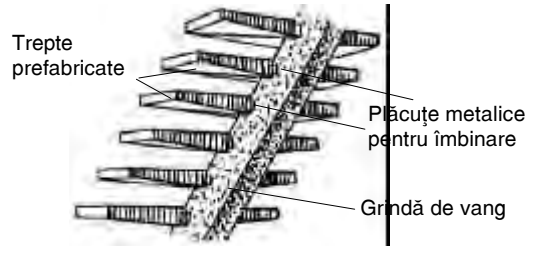
La clădirile din panouri mari, în condiţiile unui grad mare de

Scări din beton armat prefabricat

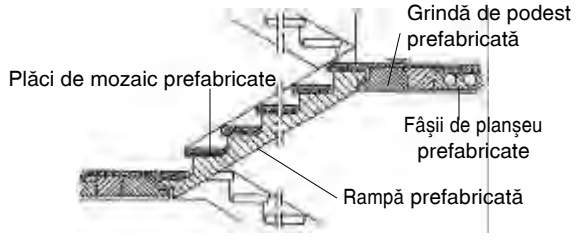
Scări prefabricate cu două grinzi de vang



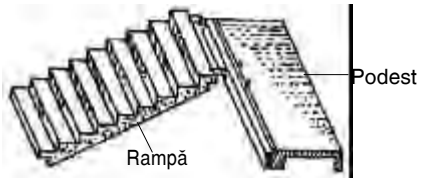
Scară prefabicată cu grindă de vang centrală



Scară cu rampă prefabricată



Scară cu rampă şi podest prefabricate



Scară cu rampă şi semipodest prefabricate

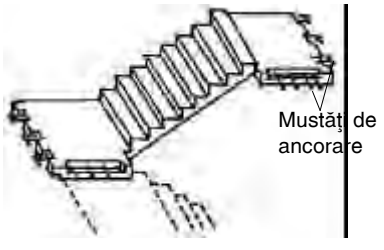


Fig. 23.6 Scări din beton armat prefabricat

industrializare, se folosesc scări prefabricate din panouri mari, alcătuite din rampă şi jumătatea podestului prefabricat (fig.23.6).

Rezemarea acestui element prefabricat (rampa + semipodest) se face pe podest sau grinda de podest de la planşeul etajului şi pe panoul de perete de la casa scării.

Scările din beton armat prefabricat prezintă dezavantajul rigidizării reduse a clădirii, comparativ cu cele din beton monolit.

La clădirile industriale înalte, se folosesc scările elicoidale prefabricate, realizate dintr-un stâlp central, trepte prefabricate. Lipsa contratreptelor şi forma trapezoidală a treptelor fac ca scara să fie comodă la urcat (fig. 23.6).

Finisarea scărilor din beton armat. La scările din beton armat, finisajul se utilizează în funcţie de destinaţia clădirii, importanţa scării, considerente estetice şi economice.

Scările din beton armat se pot finisa cu :

- mortar de ciment sclivisit în grosimea de 1-1,5 cm ; în cazul unei circulaţii frecvente, se protejează muchiile cu oţel cornier fixat prin ancore metalice. Pentru a evita alunecarea, suprafaţa treptelor se va prevedea rulată sau buciardată;
- placaje din piatră naturală (granit, marmură) sau piatră artificială (plăci de mozaic), la treptele şi contratreptele aşezate pe un pat de 2cm de mortar de ciment (fig.23.6);
- mozaic turnat;
- scânduri de stejar fixate în dibluri de lemn;
- PVC fixat cu adezivi.

Intradosul scărilor din beton armat se tencuieşte şi se zugrăveşte.

23.8. ELEMENTE GENERALE DE CALCUL

Pentru a efectua calculul scărilor, acestea se descompun în elemente simple, izolate: treapta, rampa, grinda de vang, grinda de podest, dala podestului.

Încărcarea utilă din aglomeraţia de oameni ce poate proveni în caz de pericol, are valoarea cuprinsă între 3500...5000 N/m^2; la aceste încărcări se adaugă încărcarea permanentă provenită din greutatea proprie, pardoseală şi tencuiala intradosului.

Aceste încărcări sunt uniform repartizate pe suprafaţa: cea permanentă - pe o suprafaţă înclinată, iar cea utilă- pe o suprafaţă orizontală.

Placa rampei, care se consideră simplu rezemată sau încastrată pe grinda podestului, se va calcula în funcţie de raportul laturilor plăcii, după una sau două direcţii. Se recomandă a se lua în consideraţie şi conlucrarea treptelor, care va determina un consum mai redus de armătură.

Placa şi grinzile de podest se calculează ca mici planşee, cărora li se asigură continuitatea cu treptele.

Grinda de podest este încărcată din rampe sub formă de sarcini concentrate, prin intermediul grinzii de vang, şi de

Scări din beton armat. Structuri de rezistenţă.

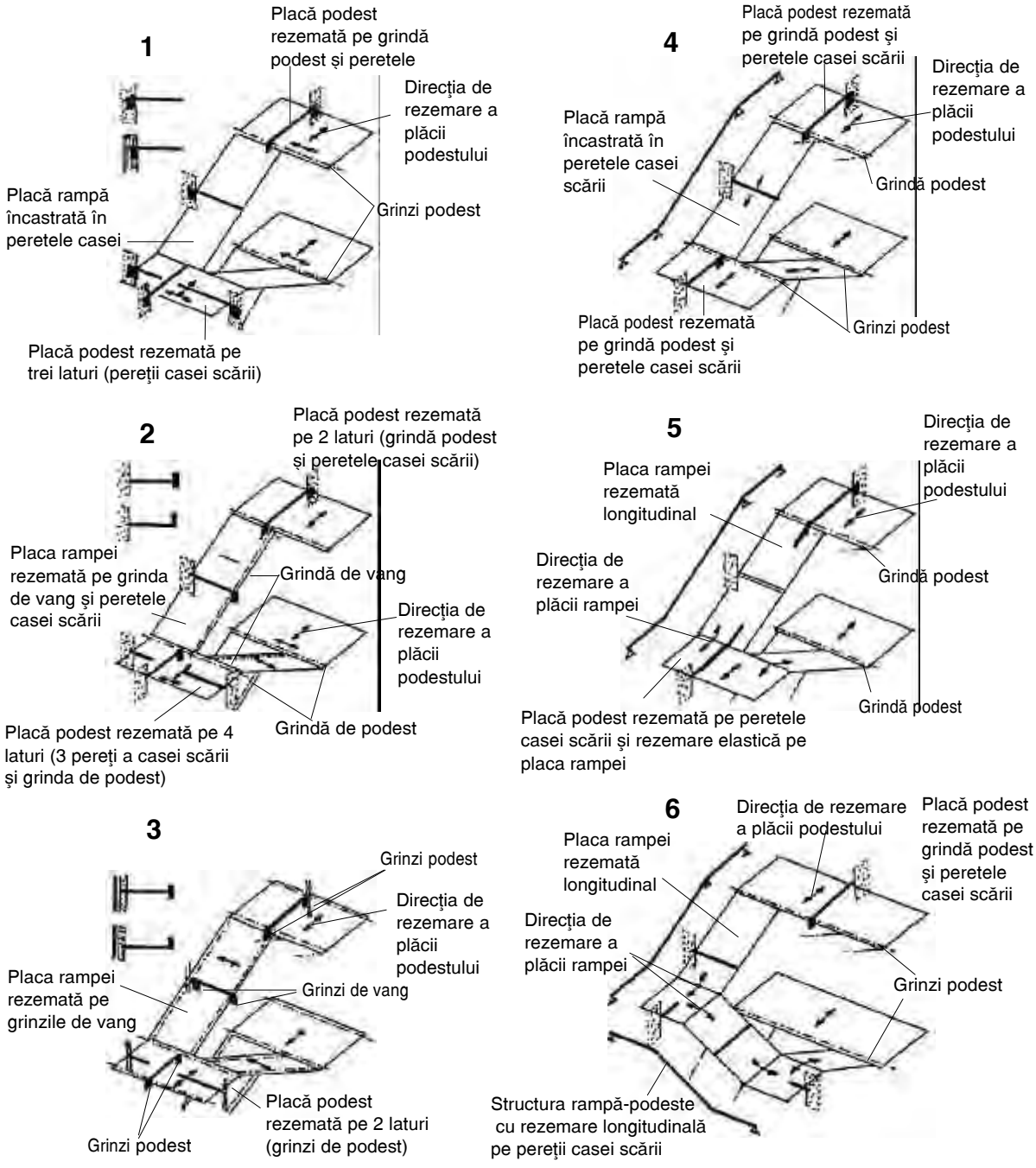


Fig. 23.7 Scări din beton armat. Structuri de rezistenţă care lucrează după direcţie transversală (1,2,3) sau longitudinală (4,5,6).

sarcina aferentă din placa de podest, sub forma unei sarcini uniform distribuite.

Grinzile de vang, care preiau încărcările de la trepte şi rampă, se calculează cu grinzi simplu rezemate pe grinzile de podest sau continue din desfăşurarea pe toate nivelele, dacă decalarea între vanguri şi rigiditatea la torsiune a grinzilor de podest pot fi neglijate.

Capitolul

24

ACOPERIŞURI

24.1. GENERALITĂŢI

Acoperişul este elementul de construcţie ce realizează închiderea la partea superioară a clădirii, având rolul de a proteja contra acţiunilor climatice (fig.24.1, fig.24.2).

În funcţie de pantă, acoperişurile se clasifică în:

- acoperişuri cu pantă mare a învelitorii;
- acoperişuri cu pante reduse terase.

Una dintre cerinţele importante ale acoperişului este aceea de a prezenta un înalt grad de impermeabilitate la precipitaţii. Acoperişul trebuie să asigure colectarea şi îndepărtarea acestor ape (fig.24.2).

Pantele de scurgere sunt în funcţie de: cerinţele arhitecturale, cantitatea de precipitaţii locale, natura materialelor şi considerente economice.

La zonele cu precipitaţii abundente, pantele acoperişurilor vor fi accentuate, în vederea îndepărtării rapide a apei spre jgheaburi şi burlane.

Aceeaşi pantă accentuată se mai recomandă şi în cazul învelitorilor din elemente mici care, prin asamblare, dau rosturi multe, creând o posibilitate în plus de pătrundere a apei în interior.

Forme de acoperişuri

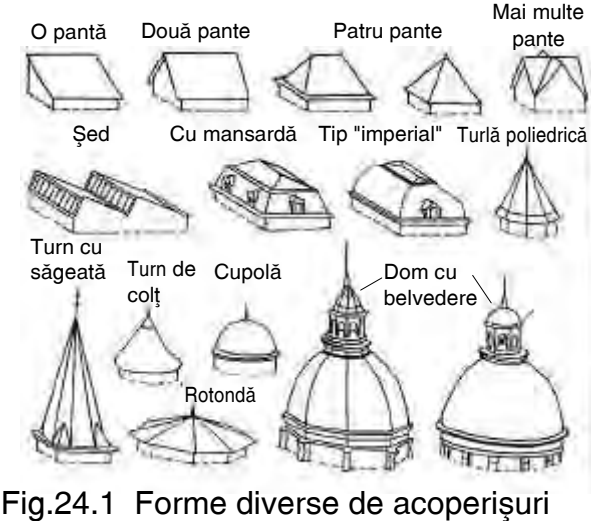
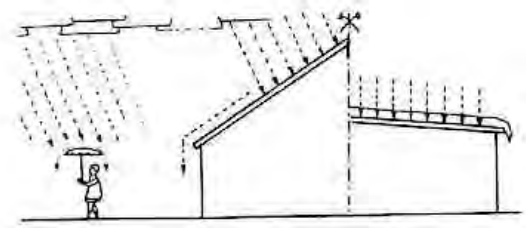


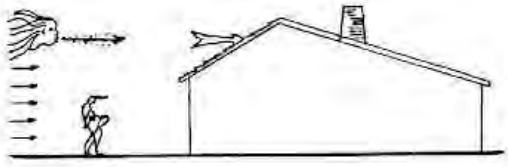
Fig.24.1 Forme diverse de acoperişuri

Acţiuni asupra acoperişurilor

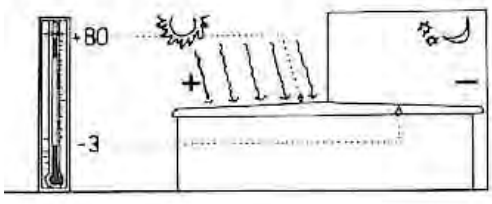
Acţiunea precipitaţiilor



Acţiunea vântului



Acţiunea radiaţiilor solare



Acţiunea poluării

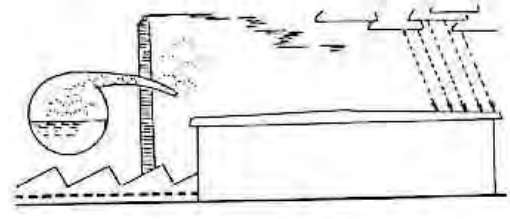


Fig. 24.2 Acţiunea factorilor externi (climatici, poluare) asupra acoperişurilor

Forma acoperişului poate fi diversă (fig.24.1). Ea este influenţată de: dimensiunile în plan ale clădirii, destinaţia şi forma clădirii, amplasarea faţă de construcţiile învecinate, felul materialului din care este realizată învelitoarea şi de considerente arhitecturale.

Părţile componente ale acoperişului cu pantă mare sunt : şarpanta (elementul de rezistenţă); învelitoarea (elementul de protecţie); jgheaburi şi burlane (elemente accesorii).

24.2. ACOPERIŞURI CU SUPRAFEŢE PLANE ÎNCLINATE

Acoperişul cu suprafete plane înclinate este alcătuit din şarpantă, învelitoare şi elemente accesorii (jgheaburi şi burlane).

Şarpanta este elementul portant cu rolul de a prelua încărcările de la învelitoare (din greutatea proprie, zăpadă şi vânt) şi a le transmite la planşeul sau la zidurile portante ale clădirii. Şarpanta se poate excuta din lemn, metal sau beton armat.

Învelitoarea este elementul de construcţie care asigură etanşietatea, fiind alcătuită din materiale hidroizolante, care protejează clădirea contra acţiunii directe a apei din precipitaţii.

Forma acoperişului cu suprafete plane înclinate trebuie să fie cât mai simplă, deoarece într-o formă complexă de acoperiş apar multe dolii porţiuni cu etanşeitate scăzută - iar iarna se

ivesc aglomerările de zăpadă, ceea ce sporeşte încărcarea pe elementele componente ale şarpantei.

La clădirile dreptunghiulare, acoperişurile se pot realiza cu unul până la patru plane de scurgere.

În practică se mai întâlnesc şi alte forme de acoperişuri: acoperişurile-turn sau piramidele, ori acoperişurile curbe, sub formă de bolţi sau cupolă (fig.24.1).

Acoperişul piramidal se utilizează la construcţiile cu plan pătratic sau poligonal; planurile înclinate sub formă de triunghi isoscel se unesc în acelaşi punct.

Acoperişul boltit poate avea un profil sub formă de semicerc sau parabolă, utilizându-se la acoperirea clădirilor cu forme dreptunghiulare în plan.

Acoperişul cupolă se foloseşte, în general, la clădiri cu formă rotundă în plan.

La acoperişurile cu suprafete plane înclinate, pentru determinarea configuraţiei în plan se trasează linia de contur a streşinilor, iar în continuare dreptele de intersecţie a planurilor de scurgere. La clădiri compuse din corpuri de lăţimi diferite, se rezolvă întâi dreptunghiul cu lăţimea cea mai mare, apoi se racordează succesiv cele cu lăţimea mai mică.

Structura de rezistenţă a acoperişurilor din lemn poate fi astfel clasificată:

- şarpante de lemn (max. 15 m) care transmit încărcarea prin intermediul unor elemente ce reazemă pe zidurile portante sau pe planşee din beton armat;
- ferme cu zăbrele din lemn (la clădiri cu o lăţime mai mare de 12m) o structură ce se caracterizează prin aceea că nu are reazeme intermediare, zidurile exterioare fiind singurele reazeme.

Şarpante din lemn

Datorită calităţilor fizico mecanice şi a prelucrării uşoare, lemnul a fost folosit la executarea acoperişurilor încă din cele mai vechi timpuri.

Legătura componentelor şarpantei de lemn se realizează cu ajutorul îmbinărilor dulghereşti . În cadrul acestor îmbinări, piesele de lemn ce vin în contact sunt astfel prelucrate, încât să se întrepătrundă, realizând un sistem în care piesele să nu-şi poată modifica poziţia în planul elementului de rezistenţă.

Acest sistem de îmbinare necesită o prelucrare pretenţioasă şi greoaie a pieselor de lemn ce se unesc. Tot datorită acestor îmbinări, secţiunea activă a acestor piese este simţitor redusă, ceea ce conduce la o utilizare parţială a rezistenţei lemnului şi o simplificare a geometriei pieselor ce se îmbină (fig.24.3).

Şarpanta de lemn a unui acoperiş poate fi realizată din căpriori, pe scaune şi cu macaz.

Şarpantele cu căpriori sunt alcătuite din căpriori care împreună cu grinda de lemn (coarda) a planşeului sau cu planşeul din beton armat formează un

Şarpantă din lemn

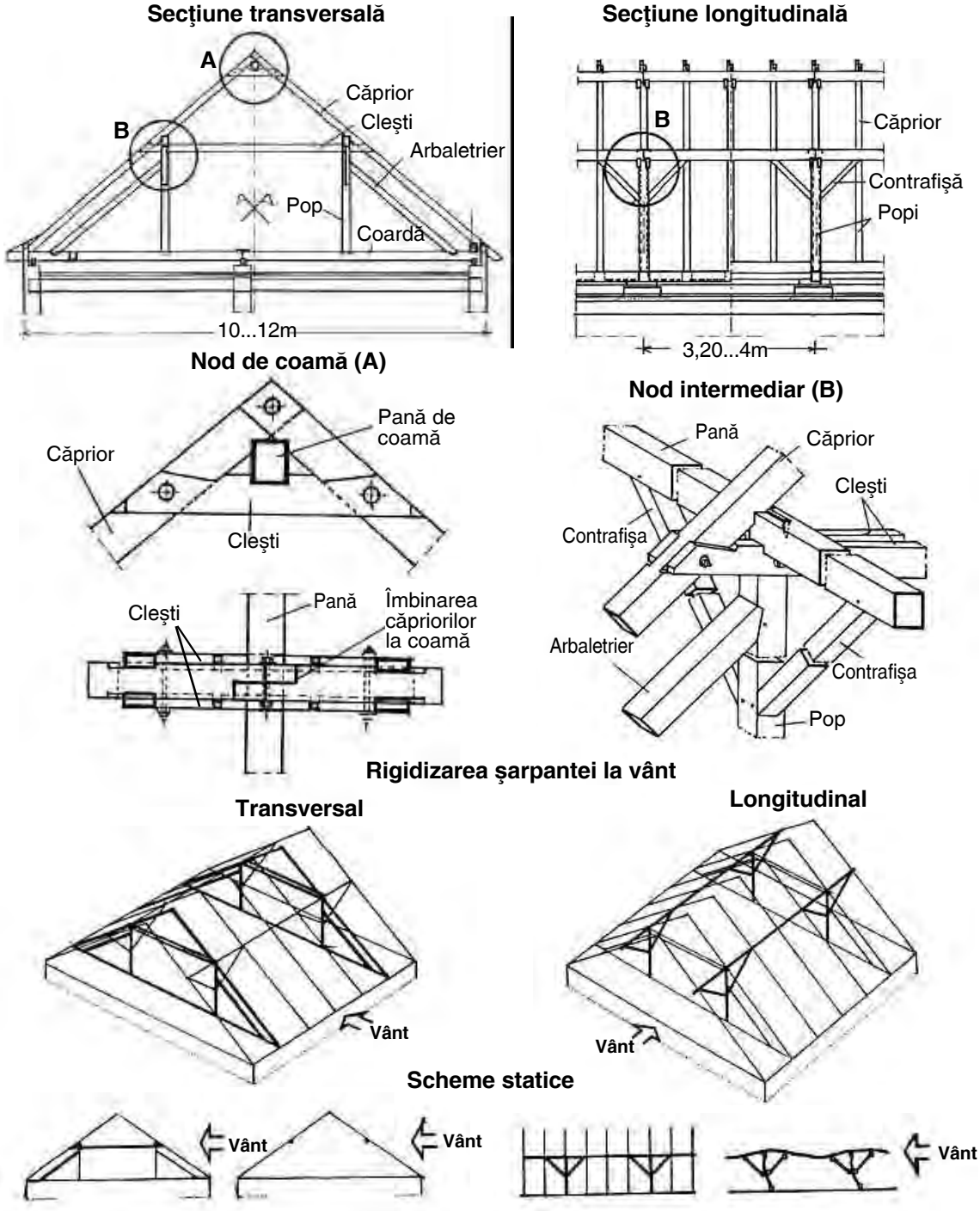


Fig. 24.3 Şarpantă din lemn. Secţiuni. Detalii noduri. Rigidizare transversală şi longitudinală. Scheme statice.

sistem triunghiular nedeformabil în plan transversal .

În lungul acoperişului, rigiditatea este asigurată cu ajutorul unor contravântuiri înclinate, care leagă grupuri de căpriori.

Asteriala alcătuită din scânduri sau şipci va transmite încărcările exterioare la căpriori.

În cadrul sistemului triunghiular căpriori-coardă, căpriorii preiau la coamă eforturi de compresiune, coarda (talpa) preia eforturi de întindere.

În căpriori, componentele perpendiculare ale încărcărilor dau naştere la eforturi de încovoiere.

Căpriorii se aşează la interax de 70-90 cm, iar cei cu lungimi mari (>4,0 m) se rigidizează cu ajutorul unor bare orizontale care micşorează deschiderea la înconvoiere a acestora.

Căpriorii şi rigidizările (distanţieri) se execută din rigle sau mai economic din dulapi, iar contravântuirile din scânduri.

Şarpantele pe scaune au ca element principal de rezistenţă scaunul alcătuit din popi, pane, contrafişe şi tălpi, pe care se reazemă popii (fig.24.3).

Soluţiile şarpantelor pe scaune sunt numeroase, în funcţie de :

- forma secţiunii transversale a acoperişului;
- lăţimea clădirii;
- dispoziţia pereţilor portanţi interiori.

Sistemele de rezistenţă plane sunt alcătuite din : popi (stâlpi verticali) pe care reazemă panele, o pereche de căpriori rezemaţi pe pane, şi cleşti un element orizontal ce leagă căpriorii la o cotă intermediară. Acest element este format din două secţiuni dreptunghiulare din lemn, ce se pozează de o parte şi de alta a căpriorilor şi popilor (fig. 24.4).

În lungul clădirii aceste sisteme de rezistenţă plane se amplasează la o distanţă de 3,5...5m (această distanţă se stabileşte din condiţia folosirii optime a secţiunilor si lungimilor de livrare a lemnului), iar între ele sunt prevăzute numai panele şi o pereche de căpriori aşezaţi la 70...90cm.

În lungul acoperişului, stabilitatea este asigurată de contrafişe (bare înclinate la 45^0) care se îmbină cu popii şi panele, prin chertare şi elemente de prindere metalice.

Încărcările se transmit de la învelitoare la elementele portante ale clădirii. Asteriala transmite încărcările permanente, din zăpadă şi vânt la căpriori, care se descarcă pe pane.

Aceste elemente orizontale transmit sarcinile, prin popi şi tălpi, la elementele portante ale clădirii.

Pentru întărirea sistemului de rezistenta a şarpantei de lemn pe scaune, descris mai sus, se introduce o bară înclinată, care se îmbină cu talpa şi popii arbaletrier (fig.24.3).

Această bară va forma, cu popii şi talpa, două sisteme triunghiulare de bază, care măresc rigiditatea transversală a şarpantei. Această rigidizare este necesară în cazul deschiderilor mărite (10...14 m) sau în zonele cu vânturi puternice, când sistemul triunghiular format de căpriori

Şarpantă din lemn. Structură de rezistenţă a acoperişului cu plane înclinate

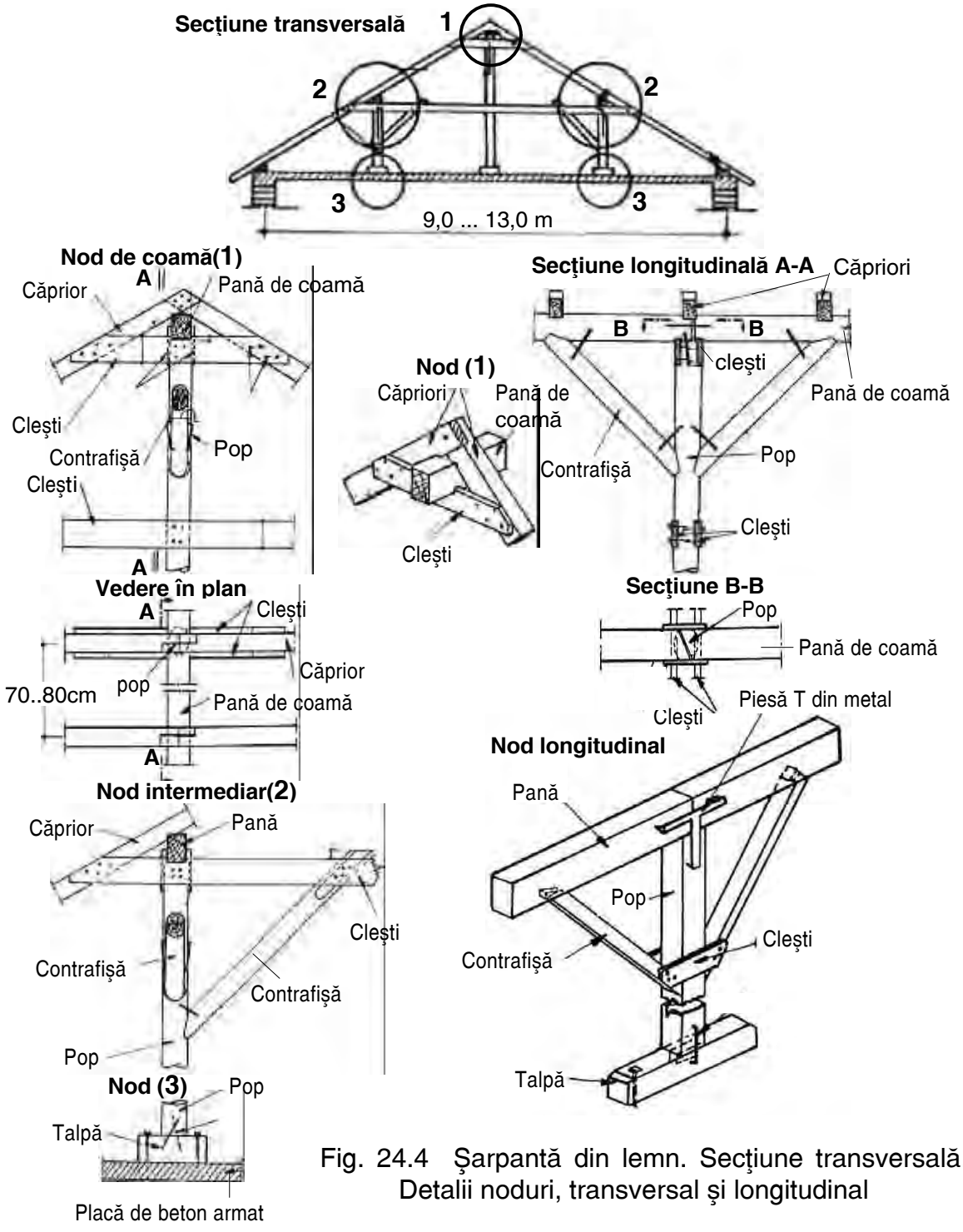


Fig. 24.4 Şarpantă din lemn. Secţiune transversală. Detalii noduri, transversal şi longitudinal

şi cleşte nu asigură nedeformabilitatea fermei.

Pentru a evita deplasarea laterală (sau smulgerea) a acestor şarpante, deformabile la acţiunea încărcărilor orizontale, ele se vor ancora cu piese metalice, în dreptul panelor de ştreaşină, în structura portantă a clădirii.

La clădirile cu zid median portant sau cu două ziduri longitudinale portante simetrice, se pot folosi şarpante pe scaune cu popi înclinaţi şi verticali. Pentru a realiza economii de material lemnos, pot fi executate şarpante din lemn rotund şi ecarisat. În vederea facilitării realizării îmbinărilor şi în funcţie de natura solicitărilor, se va folosi materialul rotund la piese comprimate, iar cel ecarisat la elementele încovoiate şi la cele cu rol de solidarizare.

Rezemarea acestor şarpante se face pe planşee din beton armat, eliminând talpa (coarda); popii se descarcă pe pereţii longitudinali, prin intermediul unor tălpi scurte (fig.24.4).

Nodul de la coamă va fi alcătuit din îmbinarea căpriorilor pe pana de coamă. Cleştii scurţi vor solidariza căpriorii la partea superioară, cuprizând şi popul. Din lemn ecarisat se execută pana, căpriorii şi cleştii, iar din lemn rotund popul şi contrafişa. Legătura între pană şi pop se realizează cu prindere metalică, iar cea între contrafişă şi pană - prin chertare cu prag frontal, fiind asigurată suplimentar cu câte o prindere metalică.

În dreptul panei intermediare nodul este alcătuit din îmbinarea căpriorului, panei, cleştilor şi a popului înclinat. Folosirea popilor înclinaţi se justifică prin aceea că poziţia panelor nu corespunde cu planul peretelui portant. În cleştii care leagă partea superioară a popilor comprimaţi, datorită sarcinilor verticale apar eforturi de întindere.

Îmbinarea contrafişei longitudinale (alcătuite din dulapi) se face la popi, avându-se în vedere faptul că prinderea de pană ar fi dificilă.

Rezemarea popilor pe planşeul de beton armat, deasupra peretelui portant, se face prin intermediul unor tălpi scurte. Solidarizarea popilor pe talpă se realizează cu piese metalice, iar între popi şi cleşti cu contrafişe.

Talpa scurtă se ancorează pe planşeu, pentru a evita deplasarea la forţe orizontale (cutremur, vânt puternic).

La streaşină, pana (cosoroaba) se fixează de tălpi, care au şi rolul de a proteja împotriva umidităţii.

În lungul şarpantei, stabilitatea se asigură cu ajutorul contravântuirilor, sub formă de diagonale din dulapi, fixate de popi. Aceste contravântuiri vor lega două sisteme de rezistenţă (scaune), având înclinarea faţă de orizontală mai mare de 1/1,5.

Scaunul drept este alcătuit din pana de coamă, popul central şi contrafişa longitudinală. Prin acest sistem, pana de coamă îşi descarcă sarcinile exterioare la structura portantă (fig.24.4).

Panele intermediare şi popii oblici realizează un scaun oblic, care, împreună cu arbaletrierii contravântuiţi, constituie cel de-al doilea sistem de rezistenţă, prin care sarcinile de la panele intermediare ajung la planşeul de beton armat.

Cei trei popi se descarcă prin intermediul unor tălpi ce se pozează între nişte reborduri din beton armat, lăsate în planşeu. Tălpile sunt ancorate de planşeu cu bride, iar popii sunt prinşi de tălpi cu piese metalice. Aceşti popi comprimaţi sunt solidarizaţi deasupra reazemului central, cu un cleşte alcătuit din două scânduri .

Din lemn rotund se execută: popii, arbaletrierul şi contrafisele între popul central şi pana de coamă, iar celelalte două sunt alcătuite din contravânturile în diagonală în planul arbaletrierilor.

Şarpante cu macaz. Sistemul de rezistenţă al şarpantei cu macaz este constituit din bare care servesc la transmiterea sarcinilor din pane spre pereţii portanţi ai clădirii .

Utilizarea şarpantei cu macaz se obişnuieşte la clădiri fără pereţi interiori, descărcarea putându-se realiza numai la pereţii exteriori.

În funcţie de alcătuirea barelor, se deosebesc:

- macaz simplu pentru deschideri mai mici de 8 m;
- macaz dublu pentru deschideri de la 8m la 12 m.

Şarpanta cu macaz simplu este alcătuită din căpriori, care reazemă pe pane de coamă şi de streaşină. Sarcina din pană de coamă se descarcă prin intermediul montului vertical şi al arbaletrierilor la pereţii exteriori. Montantul central este comprimat până la legătura cu arbaletrierii, iar de la această legătură în jos este întins. Talpa este suspendată de acest montant central, pentru a micşora deschiderea de încovoiere a tălpii sub greutatea proprie.

Şarpanta cu macaz dublu e alcătuită din căpriorii care descarcă pe panele intermediare şi pe panele de streşină. La rândul lor, panele intermediare transmit sarcinile la zidurile portante exterioare prin intermediul sistemului alcătuit din: montanţi, arbaletrieri şi traversă orizontală. Prin aceste elemente comprimate (montantul până la nivelul prinderii cu arbaletrierii), se scurg eforturile spre elementele portante ale clădirii.

În lungul şarpantei, rigidizarea se realizează prin contrafişele între montantul central şi pana de coamă la macazul simplu, iar la cel dublu prin contrafişele între panele intermediare şi montanţi.

În unele cazuri, la deschideri sporite, căpriorii trebuie rezemaţi, în afară de panele intermediare, şi pe pană de coamă .

Popul central care preia sarcinile panei de coamă se va descărca împreună cu panele intermediare în traversa orizontală. Sarcinile vor ajunge la structura portantă prin intermediul arbaletrierilor.

Rezolvarea încheierii şarpantelor cu mai multe plane înclinate se face în funcţie de structura de rezistenţă a şarpantei .

Planul înclinat frontal are căpriorii pozaţi după linia de cea mai mare pantă. Căpriorii se vor întâlni perechi pe linia de coamă şi dolie. Aceste linii sunt marcate pe grinzi (căpriori de coamă sau dolie) pe care reazemă căpriorii.

Căpriorii de coamă sau dolie sunt încărcaţi cu sarcini de pe cele două plane înclinate adiacente. Aşadar, aceşti căpriori au deschideri şi încărcări mai mari decât căpriorii curenţi.

Principii de calcul al şarpantelor

Verificare de rezistenţă. Asteriala. Elementele asterialei se verifică din punct de vedere al rezistenţei şi al rigidităţii, ca grinzi continue pe două deschideri.

Sarcinile care solicită asteriala sunt: acţiuni permanente, acţiuni din zăpadă şi încărcarea concentrată a unui om cu unelte în poziţia cea mai defavorabilă (fig.24.5).

Aceste acţiuni se iau în calcul în următoarele grupări:

- acţiunea permanentă şi din zăpadă;
- acţiunea permanentă şi sarcina concentrată (80 daN un om cu unelte);
- acţiunea permanentă, presiunea vântului şi jumătate din încărcarea zăpezii.

Încărcările ce acţionează asteriala (acţiuni gravitaţionale) se descompun după direcţia normală şi în planul ei.

Deci asteriala se va verifica la încovoiere oblică cu componenta normală a încărcărilor (încărcarea din învelitoare, din greutatea proprie a asterialei, din zăpadă sau încărcare concentrată).

Asteriala din şipci ca şi cea din scânduri se verifică la încovoiere oblică. Verificarea de rezistenţă (în cele trei grupări de acţiune) se realizează cu relaţia:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_{xn}} + \frac{M_y}{W_{yn}} \le \sigma_{ai} \qquad (24.1)$$

În această relaţie x,y sunt axele în jurul cărora se roteşte momentul şi faţă de care se calculează W; n indică specificaţia.

Căpriorii sunt rigle de lemn pe care se descarcă asteriala; la rândul lor reazemă pe pane. Pentru ca asteriala să aibă grosimi rezonabile, căpriorii se vor poza la interax de 70...90 cm.

Verificarea căpriorilor se face considerându-se grinzi continue cu 2 sau 3 deschideri. La şarpantele fără pană de creastă, căpriorii vor fi consideraţi o grindă continuă (sau simplu rezemată), cu consolă (fig.24.5).

Asupra căpriorilor vor acţiona următoarele încărcări: permanente, din zăpadă, din vânt şi forţa concentrată (greutatea unui om cu unelte).

Deschiderile de calcul ale căpriorilor se vor considera distanţele între pane. Încărcările aferente unui căprior se vor

Schemele de calcul ale elementelor şarpantei din lemn.

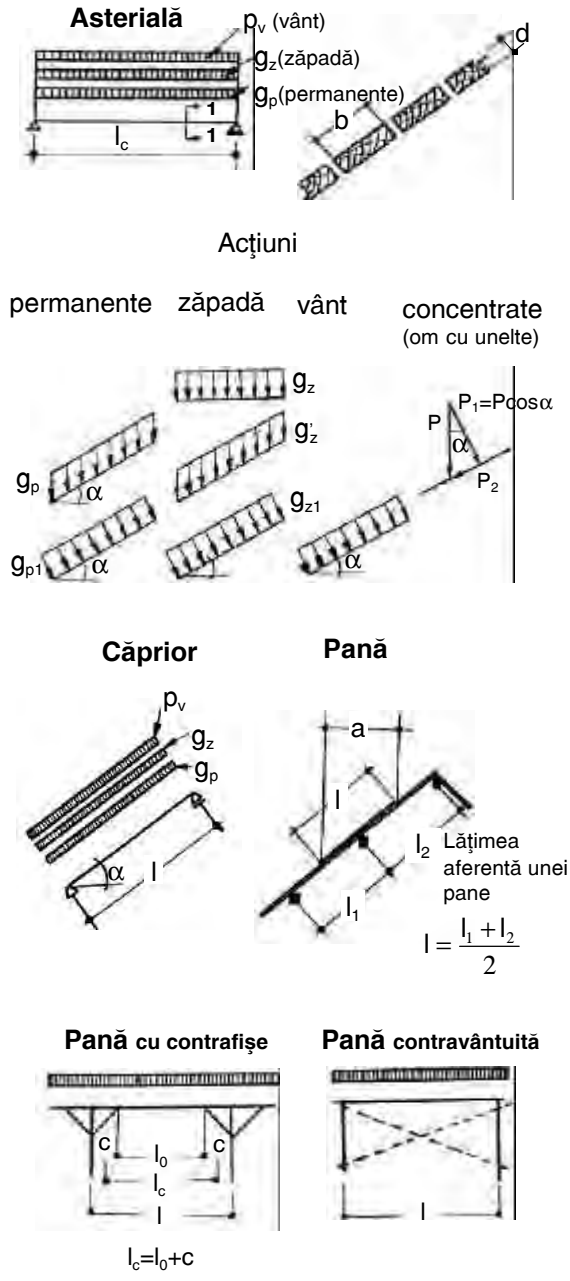


Fig.24.5 Scheme de calcul pentru elementele şarpentei din lemn

calcula pe o lăţime egală cu deschiderea de calcul a asterialei.

Încărcările ce acţionează asupra căpriorilor se decompun după o direcţie normală şi longitudinală în raport cu

aceştia. Componentele longitudinale se neglijează, fiind mici în comparaţie cu cele normale, care produc încovoierea căpriorilor. Verificarea de rezistenţă a căpriorilor presupune relaţiile:

la încovoiere

$$\sigma_x = \frac{M_z}{W_{zn}} \leq \sigma_{ai} \qquad (24.2)$$

la forţă tăietoare

$$\tau = \frac{T_y S_{z(y)}}{b_{(y)} I_z} \leq \tau_{ai} \qquad (24.3)$$

Semnificaţiile din aceste relaţii sunt identice cu cele folosite în rezistenţa materialelor.

Panele se alcătuiesc, în general, din grinzi ecarisate sau din dulapi. Îmbinarea panelor se realizează prin chertare oblică şi dornuri.

Ca schemă statică, panele pot fi: grinzi simplu rezemate, grinzi cu console sau grinzi continue (fig.24.5).

Pana este încărcată cu sarcini concentrate, care reprezintă reacţiunile din căpriori. Încărcările aferente unei pane se vor determina pe o lăţime egală cu semisuma deschiderilor căpriorilor.

Panele cu contrafişe înclinate vor avea deschiderea de calcul mai mică decât distanţa între popi cu 20% din această lungime.

Panele se calculează la încovoierea simplă (pana în poziţie verticală) sau

oblică (pana în poziţie oblică), în funcţie de poziţia axei principale a secţiunii panei.

Forţele ce acţionează asupra panei se descompun după direcţia axelor principale ale secţiunii transversale.

Popii se execută, pe cât e posibil, din lemn rotund. Se îmbină cu panele prin chertare şi piese metalice.

Aceste elemente ale şarpantei se calculează la compresiune cu flambaj (considerându-se A_{br}) şi se verifică la compresiune simplă în secţiunile slăbite (A_{net}).

Lungimea de flambaj a popilor se consideră egală cu lungimea lor reală.

Verificarea la compresiune cu flambaj se realizează cu releţia:

$$\sigma = \frac{N_c}{\varphi A} \leq \sigma_{ac} \qquad (24.4)$$

în care: A aria secţiunii de calcul a barei .

Pentru secţiuni fără slăbiri sau cu slăbiri care nu ies la margine şi la care aria acestora nu depăşeşte 25% din secţiunea brută se consideră $A=A_{br}$.

Pentru secţiuni cu slăbiri care nu ies la margine dar la care aria acestora depăşeşte 25% din secţiunea brută se consideră $A=4/3A_{net}$.

Coeficientul de flambaj se calculează cu relaţiile:

$$\varphi = 1 - 0{,}8\left(\frac{\lambda}{100}\right)^2 \quad \lambda \leq 75 \quad (24.5)$$

$$\varphi = \frac{3100}{\lambda^2} \quad \lambda \geq 75 \qquad (24.6)$$

$\lambda = \frac{l_f}{i_{min}}$ - coeficient de zvelteţe ce nu poate depăşi valorile admisibile.

l_f lungimea de flambaj .

Verificarea la rigiditate. Elementele şarpantei, în afară de calculul de rezistenţă, se vor verifica şi la deformaţii. Această verificare este necesară la elementele şarpantei de lemn pentru a nu avea sub încărcări deformaţii ce depăşesc săgeţile limită (la asterială, $f_{ef} \leq 1/150$; la căpriori şi pane, $f_{ef} \leq 1/120$).

Verificarea la rigiditate a asterialei presupune compararea sumei vectoriale după x şi y cu săgeata admisibilă:

$$f_{ef} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \leq f_a \qquad (24.7)$$

Grinzi cu zăbrele din lemn

Grinzile cu zăbrele de lemn sunt elemente de construcţie alcătuite din bare, care se întâlnesc în puncte denumite noduri.

Grinzile cu zăbrele sunt alcătuite din bare pe contur (tălpi), bare verticale (montanţi) şi bare înclinate (diagonale).

Distanţa între două noduri consecutive defineşte un panou al grinzii cu zăbrele.

Barele grinzilor cu zăbrele sunt solicitate, de obicei, la eforturi axiale de compresiune şi întindere.

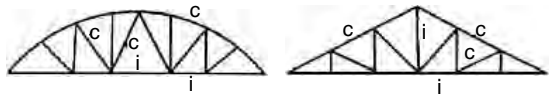
Forma conturului grinzii cu zăbrele şi sistemul de zăbrele vor influenţa asupra naturii eforturilor (compresiune sau întindere) şi asupra mărimii lor.

Conturul grinzilor cu zăbrele poate fi: sub formă de segment de cerc,

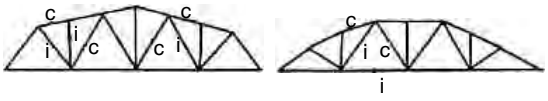
Grinzi cu zăbrele

I. Tipuri

Segment de cerc — Triunghiulare

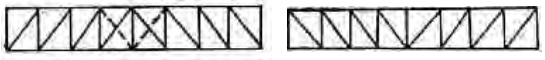


Talpa superioară poligonală

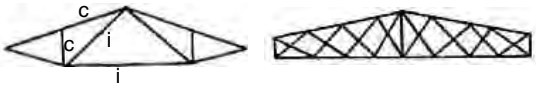


Dreptunghiulare

Diagonale ascendente — Diagonale descendente

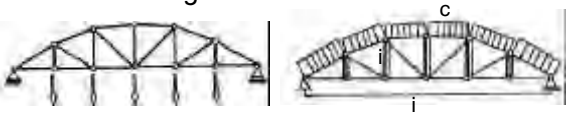


Lenticulare — Trapezoidală cu diagonale duble

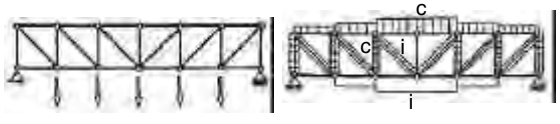


II. Scheme statice şi diagrame de eforturi

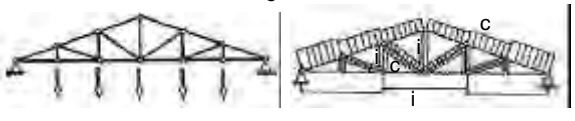
Segment de cerc



Dreptunghiulare



Triunghiulare



c - efort de compresiune
i - efort de întindere

Fig.24.6 Grinzi cu zăbrele din lemn. Tipuri. Scheme statice. Diagrame de eforturi

poligonal, triunghiular şi dreptunghiular (fig. 24.6).

Fermele în segment de cerc prezintă avantajul că eforturile din panourile tălpii superioare au valori apropiate (talpa superioară are conturul apropriat de forma curbei de presiune), iar în zăbrele eforturile sunt relativ mici.

Forma grinzilor cu zăbrele triunghiulare şi dreptunghiulare este dezavantajoasă, din cauza variaţiei mari a eforturilor din bare (talpa superioară se abate mult de la curba de presiune). Spre exemplu: la grinzile triunghiulare, eforturile în tălpi se micşorează mult de la margine spre mijloc, iar cele dreptunghiulare invers. Eforturile în zăbrele la grinzile triunghiulare vor creşte spre mijloc, iar cele dreptunghiulare invers (fig.24.6).

Grinzile poligonale se situează, din punct de vedere al stării de eforturi din bare, între grinzile triunghiulare şi cele dreptunghiulare. Panourile cele mai solicitate, la grinzile poligonale, sunt cele de la mijlocul deschiderii.

Alături de forma conturului grinzilor cu zăbrele, şi sistemul zăbrelelor influenţează asupra naturii eforturilor.

La grinzile triunghiulare, barele descendente sunt comprimate, iar cele ascendente - întinse; la diagonalele grinzilor dreptunghiulare şi poligonale natura eforturilor este inversă faţă de a celor triunghiulare.

Folosirea barelor descendente este avantajoasă în cazul formelor dreptunghiulare, pentru că barele, lungi,

sunt întinse (diagonale), iar cele scurte (montanţi) comprimate (fig.24.6).

Barele ascendente se recomandă a fi folosite la grinzile triunghiulare, unde barele lungi, înclinate, sunt întinse.

Pentru alegerea tipului de grindă cu zăbrele, trebuie analizate:

- cerinţele de exploatare şi întreţinere;
- un calcul tehnico economic comparativ;
- ponderea elementelor auxiliare (pane, asterială) poate ajunge până la 70 %;
- posibilitatea de execuţie (prefabricarea sau mijloace simple, pe şantier);
- forma tălpii superioare, care infuenţează asupra consumului de lemn (cele mai uşoare sunt grinzile în segment de cerc; cele triunghiulare sunt de două ori mai grele);
- materialul de învelitoare; plăcile ceramice şi de azbociment, spre exemplu, necesită grinzi cu talpa superioară rectilinie grinzi triunghiulare.

Alcătuire constructivă. Grinzile cu zăbrele din lemn se împart în panouri, a căror lungime se ia astfel, încât coeficientul de subţirime (al tăpii superioare) să fie în limite acceptabile.

Înălţimea grinzilor este influenţată de:

- natura învelitorii care impune panta minimă;
- rigiditatea generală la încovoiere a grinzii.

La talpa superioară comprimată, elementele de lemn se îmbină cap la cap cu ajutorul ecliselor; rosturile de îmbinare se pozează la o distanţă faţă de nod de 1/4...1/5 din lungimea panoului pentru a nu fi influenţată de flambaj.

În cadrul tălpii inferioare, îmbinarea se realizează la noduri, cu eclise şi buloane.

Panele care transmit sarcinile la grinzi se vor amplasa în noduri.

Dacă, din necesităţi funcţionale, trebuie prevăzut tavan suspendat, acesta se prinde de nodurile tălpii inferioare.

În zonele expuse umidităţii, elementele de lemn ale nodurilor de reazem trebuie antiseptizate.

Traveea, la grinzile cu zăbrele din lemn, se alege astfel încât panele să rezulte cu dimensiuni raţionale.

Calculul grinzilor cu zăbrele. Încărcările din greutatea învelitorii, zăpadă şi vânt vor acţiona asupra grinzilor, fiind transmise prin pane în nodurile tălpii superioare.

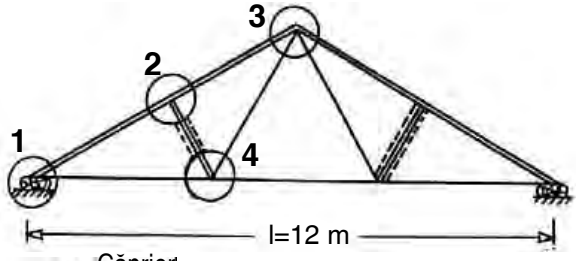
Greutatea proprie a grinzii se repartizează, pentru calcul, la toate nodurile.

Determinarea eforturilor în bare se face în următoarele ipoteze:

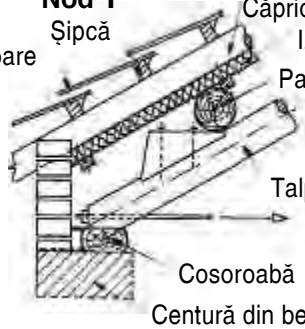
- barele sunt înlocuite prin axele lor (axe ce trec prin centrul de greutate al secţiunii);
- barele sunt considerate articulate în extremităţi;

Grindă cu zăbrele mixtă (lemn, metal)

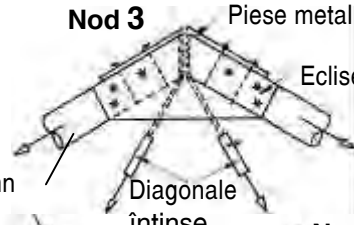
Schema grinzii



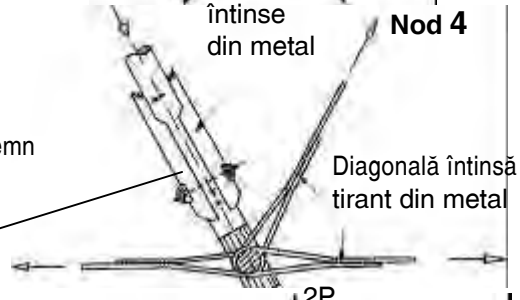
Nod 1



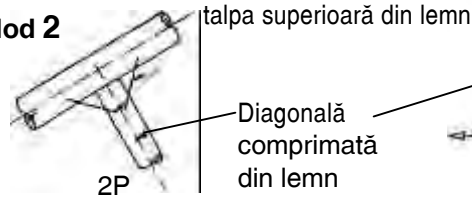
Nod 3



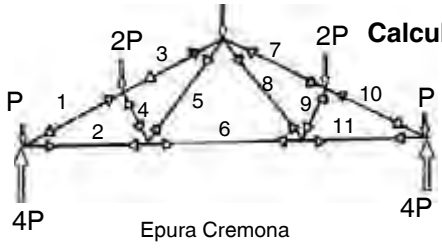
Nod 4



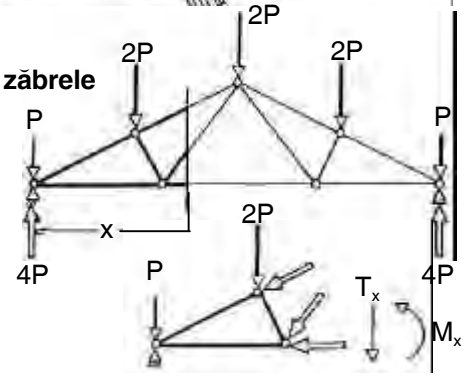
Nod 2

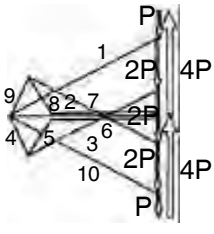


Calculul grinzii cu zăbrele

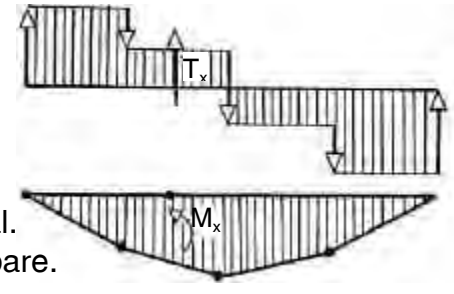


Epura Cremona





Poligonul
forţelor



Închiderea epurei constituie un control al calculului

Fig. 24.7 Grindă cu zăbrele mixtă, lemn-metal.
Alcătuire constructivă. Calculul eforturilor în bare.

- încărcările acţionează ca forţe concentrate în dreptul nodurilor.

Pentru diferite scheme de încărcare, cu ajutorul metodei Cremona, din statica grafică, se determină eforturile în bare. Această metodă asigură suficientă precizie, este rapidă şi dă posibilitatea unui control sistematic.

Pentru dimensionare, este necesar să se însumeze aceste eforturi în funcţie de grupările, cele mai defavorabile posibil, de încărcări simultane.

Dimensionarea se începe cu panourile cele mai solicitate, continuându-se cu restul barelor; acestea vor fi corectate după definitivarea îmbinărilor nodurilor, care influenţează mult asupra dimensiunilor barelor.

La barele comprimate, lungimea de flambaj se consideră distanţa între centrele de greutate ale nodurilor.

Grinda triunghiulară mixtă are talpa superioară formată din bile de lemn, iar cea inferioară - din bara de oţel beton (fig.24.7).

Grinzile triunghiulare mixte prezintă o serie de avantaje, care le-au conferit atributul de aplicabilitate mare:

- folosirea adecvată a proprietăţilor mecanice ale materialelor; talpa superioară comprimată se execută din bile de lemn cu conicitate naturală, având şi secţiunea variabilă funcţie de efort, iar talpa inferioară întinsă - din metal;
- siguranţă mărită în exploatare;
- tehnologia de execuţie simplă (cu mijloace simple, pe şantier), având un număr mic de tipuri de noduri;
- posibilitatea reglării eforturilor în bare, cu ajutorul piuliţelor în noduri sau la manşoanele tiranţilor.

Grinzile triunghiulare mixte folosesc lemnul rotund la talpa superioară şi diagonale, iar pentru diagonalele întinse şi talpa inferioară - bare din oţel beton.

Îmbinarea elementelor din lemn rotund (talpa superioară) şi a celor din oţel beton (talpa inferioară, diagonale întinse) se face prin intermediul unor piese metalice, care repartizează pe o suprafaţă mai mare eforturile de strivire.

Îmbinarea tălpii superioare şi a diagonalei comprimate se realizează prin chertare şi piese metalice, iar cea a tălpii inferioare (întinse), cu diagonala comprimată şi cu cea întinsă se efectuează cu ajutorul unui bolţ şi al unor piese metalice speciale.

Eforturile în talpa inferioară şi diagonalele întinse pot fi reglate la montaj şi în timpul exploatării, cu ajutorul unor manşoane.

Stabilitatea în lungul acoperişului este asigurată de contravântuirile din planul tălpii superioare şi din planul diagonalei comprimate.

În cazul în care se prevede izolaţie termică, aceasta se fixează la partea inferioară a căpriorilor, peste care se pozează şipcile suport al învelitorii.

Calculul eforturilor se poate efectua prin metoda separării nodurilor, iar

controlul se poate realiza prin epura Cremona (fig 24.7).

Schema grinzii este o însumare de triunghiuri, care sunt sisteme nedeformabile (pentru a putea varia unghiurile, trebuie modificate lungimile laturilor). Calculul de rezistenţă a barelor se face în funcţie de alcătuirea secţiunii (lemn sau metal) şi de solicitare.

24.3. ÎNVELITORI PENTRU ACOPERIŞURI CU SUPRAFEŢE PLANE ÎNCLINATE

Învelitorile ceramice

Aceste învelitori utilizează, în general, la clădiri civile şi agrozootehnice cu acoperişurile alcătuite din suprafete plane înclinate, cu panta accentuată. (fig. 24.8)

La aceste acoperişuri, spaţiul mare de aer între planşeul superior şi învelitoare are o funcţiune higrotermică importantă în stabilirea bilanţului termic al clădirii şi în comportarea învelitorii sub acţiunea factorilor climatici.

Materialele ceramice folosite la învelitori sunt: ţiglele solzi, ţiglele profilate trase, olanele de coamă.

Ţiglele solzi se fabrică prin tragere în filiere, având o formă plană, cu unul sau două ciocuri de prindere.

Acest tip de ţigle se pot aşeza pe acoperiş simplu sau dublu, în funcţie de gradul de importanţă a clădirii şi de gradul de impermeabilitate la precipitaţii.

Ţiglele vor rezema, prin intermediul ciocurilor, pe şipci, pozate la 15 cm - în cazul în aşezării simple şi la 25 cm - în cazul aşezării duble (fig. 24.8).

Datorită gradului de etanşeitate, la învelitoarele de ţigle aşezate dublu se va micşora panta acoperişului.

Pozarea ţiglelor solzi pe acoperiş se face astfel, încât să rezulte o ţesere; la aşezarea simplă, rosturile normale pe creastă sunt acoperite prin decalare de la un rând la altul, iar la aşezarea dublă se decalează cele 2 straturi în cadrul aceluiaşi rând.

Prinderea suplimentară a ţiglelor solzi cu sârmă zincată se realizează atunci când există pericolul smulgerii lor de către vânt.

Olanele de coamă se fabrică prin presare şi se utilizează pentru închiderea muchiilor acoperişului. Aceste piese ceramice semitronconice care se suprapun, se fixează de ţiglele solzi cu mortar.

Doliile se etanşează cu tabla zincată care se pozează pe asteriala de scânduri.

Ţiglele profilate au formă dreptunghiulară. Sunt prevăzute cu jgheaburi laterale, cu ajutorul cărora se îmbină cu ţiglele vecine, prin simplă petrecere a marginilor (fig.24.8).

Datorită secţiunii cutate (modulul de rezistenţă mărit), creşte suprafaţa utilă a ţiglei, mărind, prin urmare, distanţa dintre şipci la 32 cm şi micşorând, în final, greutatea învelitorii (comparativ cu cea din ţiglele solzi).

În plus faţă de rezistenţa sporită, aceste ţigle profilate asigură o scurgere

Învelitori ceramice

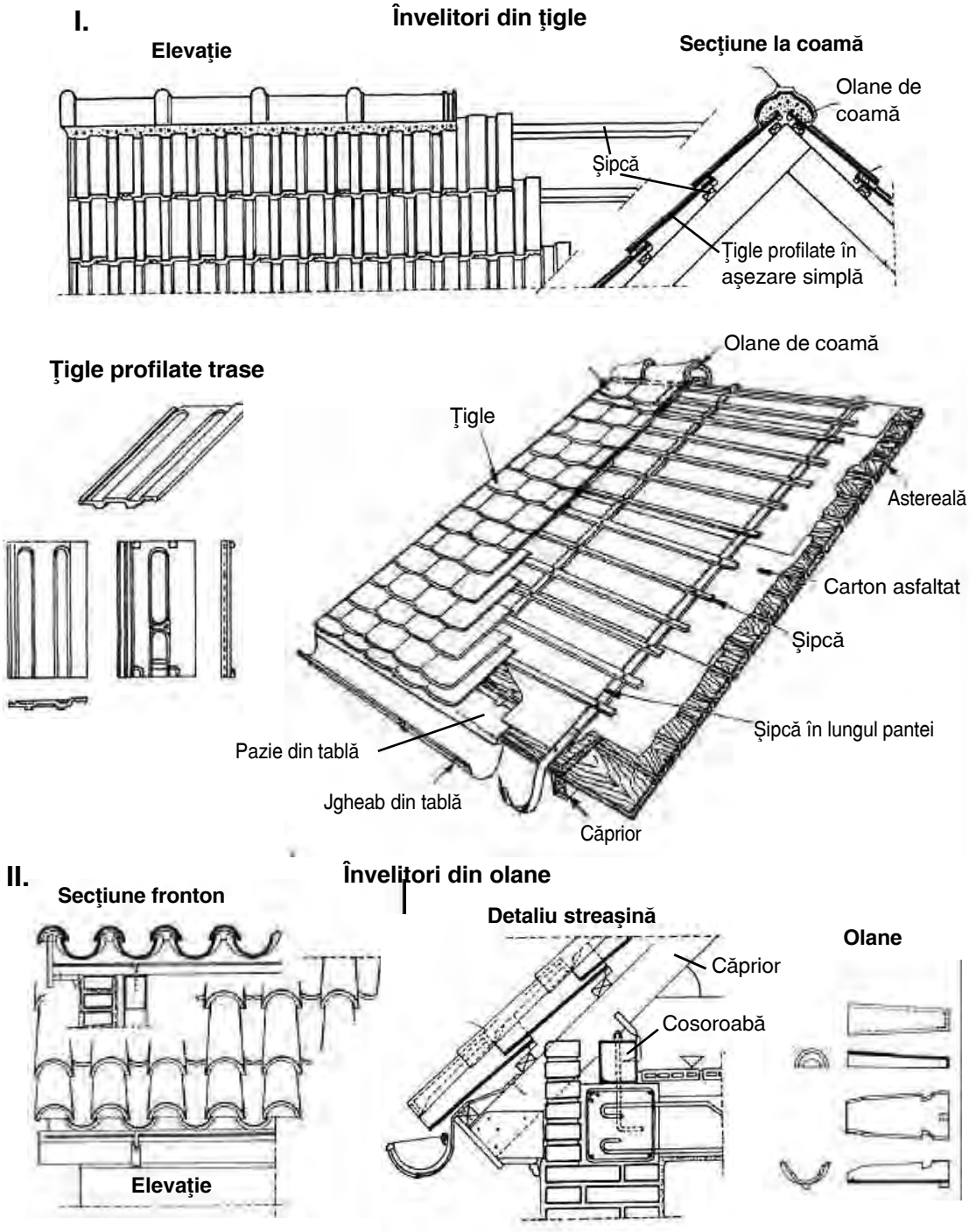
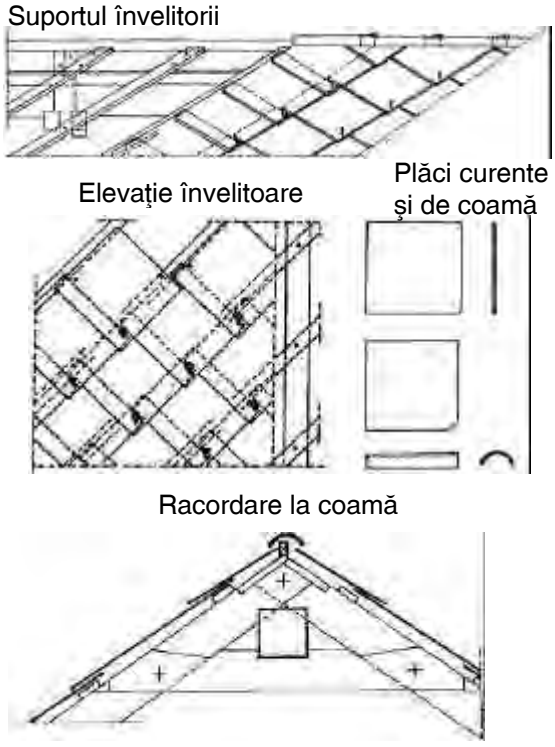


Fig. 24.8 Învelitori ceramice. Învelitori din ţigle (I.). Învelitori din olane (II.)

Învelitori din plăci de azbociment

Plăci plane



Plăci ondulate

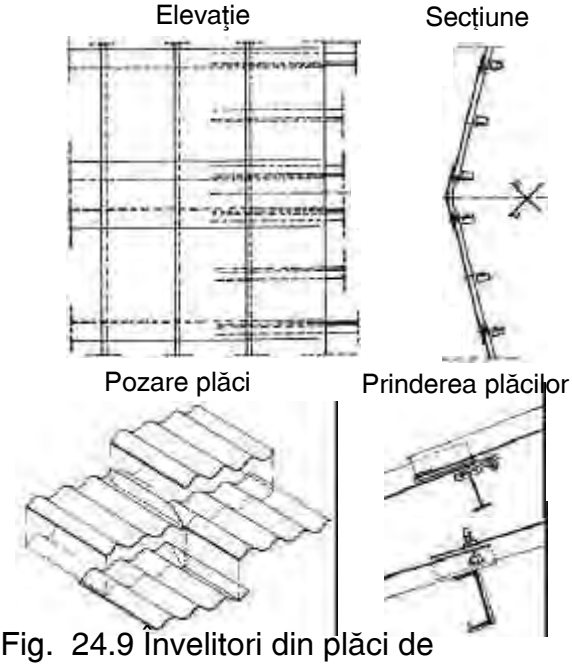


Fig. 24.9 Învelitori din plăci de azbociment, plane şi ondulate

foarte bună a apelor meteorice, prin jgheaburi formate de profile.

Olanele ceramice sunt piese semitronconice, care se fabrică pe cale umedă, prin presare în tipare (fig.24.8).

Acest tip de învelitori grele se foloseşte în zone cu vânturi puternice. Panta învelitorii cu olane este cea mai redusă, privită comparativ cu panta învelitorilor ceramice în general.

Suprapunerea olanelor din rândul superior (capace) peste cele din rândul inferior (jgheaburi) se realizează pe un strat de mortar (fig.24.8).

Îmbinarea olanelor se face astfel ca partea îngustă a olanelor capace să se suprapună părţii late, aşezate spre coamă, a olanelor - jgheaburi .

Învelitori din azbociment

În compoziţia azbocimentului intră 80% ciment şi 20% azbest.

Azbestul, produs mineral , se găseşte în stare naturală în rocile zăcămintelor din minele de azbest, sub formă de fibre. Masa de minereu conţine 5% azbest (fig.24.9).

În produsele de azbociment, fibra de azbest are rolul următor: de a prelua eforturile de întindere ce apar datorită sarcinilor exterioare, de a obţine o elasticitate mai mare (fibrele de azbest se comportă ca o reţea elastică ce armează pasta de ciment).

Foile de azbociment se fabrică din straturi subţiri, obţinute prin filtrarea masei lichide (de azbest-ciment-apă) prin cilindrii filtranţi, prevăzuţi, la suprafaţă cu o plasă de sârmă. Foile de

azbociment crude au proprietatea de a se mula în diferite forme datorită plasticităţii foii; aşadar, pot fi fabricate foi ondulate.

Plăcile rezultate din maşina de format foi vor fi supuse, înainte de întărire, la o presare, în vederea măririi rezistenţelor mecanice. Datorită presării (se elimină parţial apa), plăcile de azbociment capătă o rezistenţă la rupere din încovoiere mai mare, densitatea plăcilor creşte, iar grosimea se reduce.

Azbocimentul se bucură de o largă utilizare la acoperişuri, ca învelitori, datorită unor avantaje:

- greutate proprie redusă;
- punere în operă - simplă, viteză de execuţie mărită;
- determină realizarea unor pante reduse ce conduc la economii de materiale pentru scurgerea apelor de ploaie (jgheaburi, burlane), la utilizarea unui minim de suprafaţă acoperită pentru maximum de suprafaţă utilă;
- preţul scăzut, buna comportare în timp (aceasta determină obţinerea de importante economii de întreţinere);
- incombustibilitatea fapt datorat componeţilor minerali;
- posibilitatea de remediere a eventualelor deficienţe, gradul ridicat de demontabilitate a lucrării.

Avându-se în vedere faptul că plăcile de azbociment sunt puţin elastice şi fragile, nu este recomandată folosirea lor la învelitori expuse la şocuri, vibraţii accentuate, circulaţie.

Plăcile de azbociment cu ondule mari au grosime redusă, forma în plan dreptunghiulară, cu rezistenţă la rupere din încovoiere influenţată de modulul de rezistenţă a plăcilor de azbociment ondulat se va monta pe reazeme la interax mai mare comparativ cu plăcile plane. (fig.24.9)

Fixarea plăcilor variază după natura panelor (de metal, lemn, beton) şi după condiţiile de exploatare ale clădirilor (cu trepidaţii, tasări inegale ale reazemelor, dilatări şi contracţii).

Fixarea plăcilor ondulate de reazeme se realizează cu ajutorul unor accesorii metalice zincate de montaj, ca: tije filetate, ataşe articulate sau şuruburi pentru lemn (fig.24.9).

Etanşarea îmbinărilor la plăcile ondulate din azbociment se face cu rondele metalice cu guler şi căpăcel din polietilenă stabilizată cu negru de fum (rondelele au rolul şi de repartizare a efortului).

În cazul construcţiilor deschise (şoproane, peroane, hangare), piesele metalice de fixare a plăcilor de învelitoare vor fi verificate la smulgere.

Pozarea plăcilor de azbociment pe acoperiş se realizează prin suprapuneri în ambele sensuri. Petrecerile transversale (paralel cu panele) au valorile minime funcţie de pantă în zonele cu vânturi puternice, pentru a evita pericolul infiltraţiei apei, se folosesc cordoanele de chit. Petrecerile laterale (în lungul pantei) se situează în partea opusă vântului dominant.

Alături de plăcile curente de azbociment ondulate, în alcătuirea acoperişurilor se folosesc piese speciale

de azbociment pentru racordări de calcane, pazii, străpungeri pentru coşuri, luminatoare.

Plăcile din azbociment ondulate cu termoizolaţie, sub formă de plăci autoportante din vată minerală, se folosesc la clădiri industriale încălzite (acestea necesită acoperişuri termoizolate).

Plăcile termoizolate autoportante sunt realizate din vată minerală.

Realizarea rezistenţei necesare transmisiei termice se asigură prin alegerea unei grosimi de plăci corespunzătoare în urma unui calcul higrotermic. Plăcile autoportante din vată minerală pot fi rezemate sau suspendate pe pane.

Transmiterea sarcinilor, provenite din încărcarea acoperişului, la plăcile rezemate pe pane se realizează prin intermediul clemelor de montaj.

Spaţiul între plăcile ondulate de azbociment şi plăcile termoizolatoare autoportante se ventilează prin circulaţia liberă a aerului. Pentru a obţine acest lucru, ondulele de la coamă şi ştreaşină sunt lăsate să comunice liber cu atmosfera (fig.24.9). Ventilarea acestui spaţiu are ca scop evitarea condensului pe intradosul plăcilor ondulate de azbociment şi a acumulării de umiditate în plăcile termoizolatoare.

Plăcile plane presate, din azbociment de la începutul acestui secol, poartă şi denumirea de plăci Eternit - după numele firmei producătoare.

Aceste plăci plane au aceleaşi proprietăţi ca şi cele ondulate: incombustibile, inoxidabile, imputrescibile, uşoare, impermeabile, nedeformabile, negelive (fig.24.9).

Plăcile plane se montează pe şipci sau pe asteriala din lemn. În cazul montării pe asterială, se mai prevede şi un strat de carton asfaltat.

Plăcile plane se pot monta pe acoperiş, simplu sau dublu. Acoperişurile din plăci de azbociment aşezate într-un strat se execută cu plăcile rombice şi, mai rar, cu plăci dreptunghiulare. Învelitorile duble sunt caracterizate de faptul că, în orice punct al acoperişului, se găsesc cel puţin două plăci suprapuse. Plăcile în montare dublă se aşează în rânduri orizontale, cu rosturi alternante, având o foarte bună etanşeitate la intemperii. Petrecerea minimă a plăcilor de azbociment este prezentată în funcţie de pantă, zona geografică, condiţiile climatice şi modul de fixare.

Învelitorile din tablă

Acestea se execută din foi de: tablă neagră, (oţel carbon obişnuit, laminat de cald), tablă zicată , tablă de plumb (la monumentele istorice).

Avantajele învelitorii din tablă sunt următoarele:

- durabilitatea;
- etanşeitatea;
- execuţia uşoară;
- greutatea redusă.

Învelitorile pot fi clasificate după forma foii de tablă:

- învelitorii din tablă dreaptă (fig.24.11);

- învelitorii din tablă cutată sau ondulată (fig.24.10).

Învelitorile din tablă dreaptă se montează pe asterială. Între învelitoare şi suport se prevede un strat de carton asfaltat, cu dublu rol: de a evita condensul pe suprafaţa interioară a tablei şi de a atenua zgomotul din timpul ploilor (fig. 24.11).

Aceste învelitori se realizează, de obicei, din tablă zincată (care nu necesită măsuri de protecţie contra coroziunii),ca de exemplu, tabla neagră, care se grunduieşte cu miniu de plumb, iar ulterior se vopseşte pe ambele părţi.

Îmbinarea prin falţuri a foilor de tablă are avantajul că permite deplasarea, datorită variaţiilor de temperatură, şi asigură evitarea perforării tablei. Falţurile orizontale (culcate spre streaşină), care permit scurgerea apei, se execută paralel cu creasta. Falţurile verticale paralele cu linia de cea mai mare pantă sunt continue.

Fixarea tablei de asterială se realizează cu ajutorul copcilor, care se introduc între falţurile verticale după fixarea de asterială şi se îndoaie împreună cu falţul.

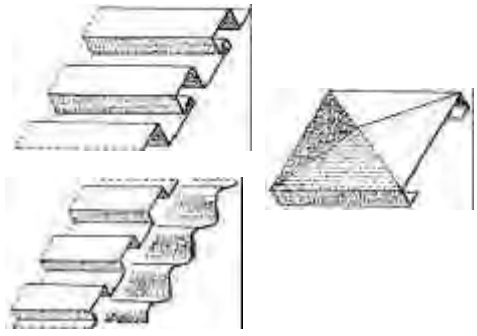
La dolii şi streaşină, se recomandă folosirea falţurilor duble.

Învelitoarea din plăci de tablă cutată sau ondulată se impune ca soluţie avantajoasă din punct de vedere tehnico-economic, datorită faptului că realizează (fig. 24.10):

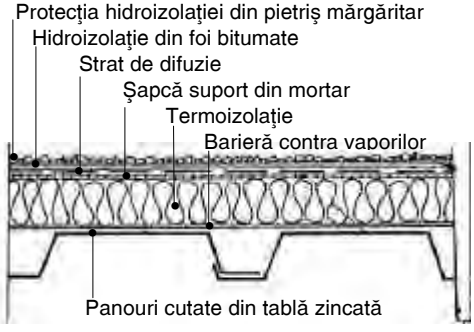
- acoperiş uşor;
- acoperişuri cu pante sub 20 %;
- versanţi foarte lungi.

I. Învelitori din tablă cutată

Forme de tablă pentru mărirea rigidităţii



Acoperiş izolat termic cu învelitoare din tablă cutată



Fixarea tablei cutate pe pane metalice

Fixarea pe pană de lemn

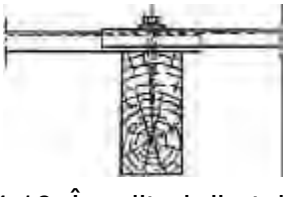
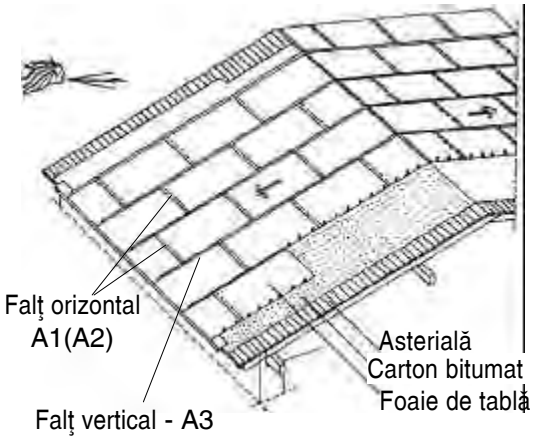


Fig. 24.10 Învelitori din tablă cutată sau ondulată.

II. Învelitori din tablă dreaptă

Schemă de alcătuire



Sisteme de îmbinare

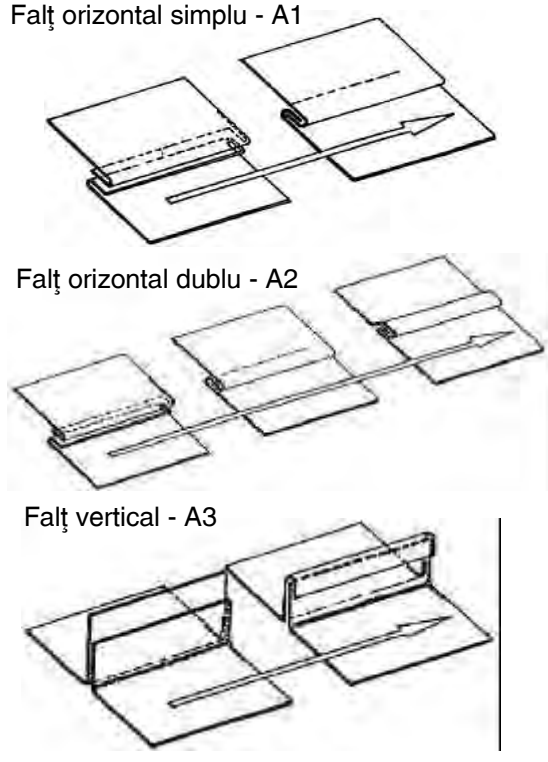


Fig. 24.11 Învelitori din tablă dreaptă. Schemă de alcătuire. Sisteme de îmbinare

datorită sensibilităţii la medii agresive chimice.Tabla ondulată sau cutată pentru învelitori se fabrică din foi de tablă zincată plană.

La executarea învelitorilor din tablă ondulată sau cutată, pentru fixarea lor pe pane şi asamblarea panourilor de tablă, vor fi folosite procedee de asamblare ce permit, în general execuţia lucrării de pe o singură parte,economisind schela interioară. Dintre aceste procedee, amintim şuruburile autofiletante.

Învelitorile de tablă cutată sau ondulată pot fi proiectate: neizolate termic sau termoizolate.

La clădirile industriale, se folosesc învelitorile din panourile de tablă cutată zincată termoizolată (fig.24.10).

În afară de aceste straturi (suport şi termoizolaţie), panourile mai presupun: protecţia anticorozivă la suprafaţa superioară a panourilor, bariera contra vaporilor, şapa-suport a hidroizolaţiei, stratul de difuzie (caton bitumat perforat), hidroizolaţia bitumată şi stratul de protecţie a acesteia (fig. 24.10).

Grosimea necesară a termoizolaţiei se stabileşte pe baza unui calcul termotehnic.

Învelitorile bitumate

Aceste învelitori sunt des utilizate, datorită următoarelor calităţi: grad de etanşeitate ridicat, poate îmbrăca orice formă de acoperiş, preţul de cost relativ redus comparativ cu alte învelitori, iar alcătuirea din straturi

Învelitori bitumate

succesive ajută la corectarea neajunsurilor execuţiei manuale (fig.24.12).

Ca dezavantaje, se poate specifica rezistenţa redusă la acţiuni mecanice şi la incendii.

Materialele folosite la acest tip de învelitori sunt pe bază de bitum.

Cartoanele bitumate se fabrică prin impregnare cu bitum, la cald, a unor cartoane materiale celulozice cu adaos din deşeuri textile. Aceste foi bitumate pot fi cu sau fără acoperire cu bitum şi presărate cu agregate minerale fine.

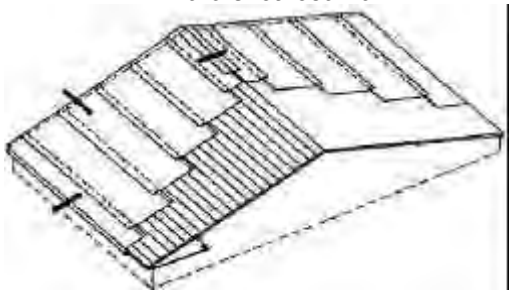
Cartonul bitumat se ambalează în suluri, dintr-o singură foaie sau din două (C_{300} simplu impregnat; CA_{300} impregnat cu strat de acoperire; 300 g/m^2 masa suportului).

Pânzele bitumate se obţin prin impregnare cu bitum a unor ţesături cu fire organice sau împâslitură cusută din fibre cu polisteri. Aceste materiale se produc în mai multe tipuri, ce se deosebesc după rezistenţa la tracţiune şi modul de acoperire cu bitum. Împâslitura din fibră de sticlă bitumată se utilizează în locul cartonului bitumat, deoarece are un suport imputrescibil. Suspensia de bitum filerizat cu var hidratat se prepară din bitum cu punctul de înmuiere coborât, dispersat în apă cu ajutorul pastei de var.

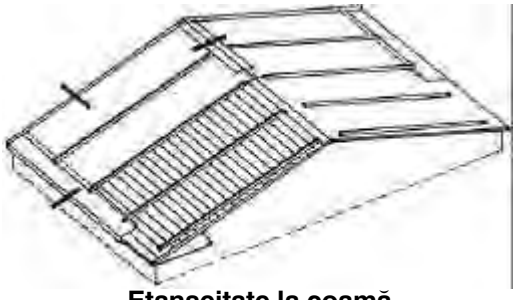
Chitul de bitum filerizat cu var hidratat şi de celuloză se prepară din suspensie de bitum filerizat, la care se adaugă fibre de celuloză.

Dispunerea foilor de carton bitumat

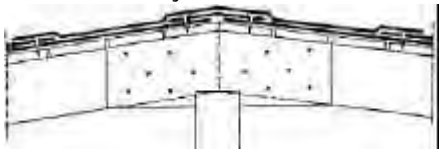
Paralel cu coama



Paralel cu direcţia de scurgere a apelor

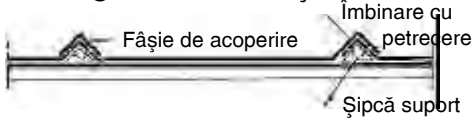


Etanşeitate la coamă



Racordarea învelitorii la dolie

Asigurarea stabilităţii la vânt



Terminaţia învelitorii la streaşină

Fig.24.12 Învelitori din carton bitumat. Dispunerea foilor. Detalii.

Stratul suport al învelitorilor bitumate la acoperişuri poate fi: asteriala din scânduri, placa din beton armat la acoperişurile în pantă neizolate termic; betonul de pantă; şapa-suport din mortar de ciment nearmată sau armată, în funcţie de rezistenţa stratului termoizolator; cu condiţia ca acesta să suporte temperatura bitumului fierbinte fără a se degrada.

Execuţia învelitorilor bitumate se poate realiza după două metode la cald şi la rece .

Prin aplicare la cald , se înţeleg lucrările de hidroizolaţii ce se execută prin topirea bitumului şi folosirea lui fierbinte la aplicarea directă sau atunci când se lipesc cu el cartoane sau pânze bitumate. Această metodă la cald este utilizată mai des datorită avantajelor pe care le prezintă; durată de execuţie scurtă, sudarea perfectă a straturilor care se aplică succesiv, iar remedierele se execută uşor şi în timp scurt. Metoda la cald are şi o serie de dezavantaje, şi anume: necesită măsuri de protecţia muncii la transportul şi aplicarea bitumului fierbinte, utilaje şi combustibil pentru topirea bitumului.

Aplicarea metodei la rece la lucrări de învelitori bitumate înseamnă întinderea cu peria a soluţiilor sau a suspensiilor de bitum la temperatura mediului ambiant.

Stratul se consideră finit în momentul când solventul din soluţie sau apa din emulsie s-au eliminat complet. Avantajele metodei constau într-o siguranţă mai mare la execuţie, pentru că se lucrează cu materiale la temperatură normală şi nu necesită utilaje speciale.

Dezavantajele sunt următoarele: necesitatea unor măsuri speciale de depozitare a soluţiilor în solvenţi organici (benzină); durata mare de execuţie, având în vedere faptul că după fiecare strat aplicat trebuie să se aştepte evaporarea solventului.

La acoperişurile cu înclinare redusă se utilizează procedeul la cald , iar la pantele mai mari se folosesc procedeele la cald şi la rece .

La acoperişurile cu înclinare redusă, foile bitumate se pot aplica perpendicular pe direcţia pantei, iar la înclinări mai mari aceste foi se aplică paralel cu direcţia pantei şi cu petrecerile în sensul direcţiei vânturilor dominante.

După uscarea stratului de amorsaj, se trece la lipirea foilor bitumate. Pentru înlăturarea suprapunerilor, petrecerile straturilor învelitorii bitumate se vor intercala cu acelea ale straturilor lipite.

În cazul acoperişurilor cu pante mari, sunt necesare măsuri pentru prevenirea alunecării învelitorii:

- se va folosi un mastic bituminos cu punctul de înmuiere mai ridicat;
- când stratul suport este din asterială, foile bitumate se vor fixa cu şipci de lemn, bătute în cuie deasupra învelitorii; peste şipci se fixează cu mastic şi bandă de carton bitumat;
- foile bitumate trebuie să aibă lungimi corespunzătoare, ajungând de la jgheab

la coamă, unde se va depăşi prin suprapunere.

Numărul straturilor de hidroizolaţii se stabileşte în funcţie de importanţa clădirii şi panta de scurgere.

Accesorii ale învelitorii

Jgheaburile sunt canale deschise, confecţionate din tablă zincată, amplasate la streaşina acoperişului cu rolul de a colecta apele provenite din precipitaţii şi de a le dirija, prin burlane, la canalizare (fig.24.13).

Cel mai frecvent folosite sunt jgeaburile cu secţiunea semicirculară, care sunt cele mai avantajoase pentru scurgerea apelor.

Secţiunea jgheabului se determină în funcţie de suprafaţa acoperişului pe care îl deserveşte.

În cazul jgheaburilor dreptunghiulare folosite în general din considerente arhitectonice,suprafaţa corespunzătoare de acoperiş se va majora cu 10 %.

Jgheaburile sunt prinse de streaşină prin intermediul unor cârlige, alcătuite din oţel zincat.

Fixarea cârligelor se face în asterială sau căpriori, la acoperişurile de lemn; la cele din beton, fixarea se realizează prin intermediul diblurilor.

Jgheaburile sunt realizate cu pantă longitudinală şi cu rosturi de dilataţie.

Burlanele sunt tuburi verticale şi înclinate, amplasarte la dolie sau la o distanţă de maximum 20 m, confecţionate din tablă zincată (exterioare) sau din tuburi de fontă (interioare), care conduc apele din

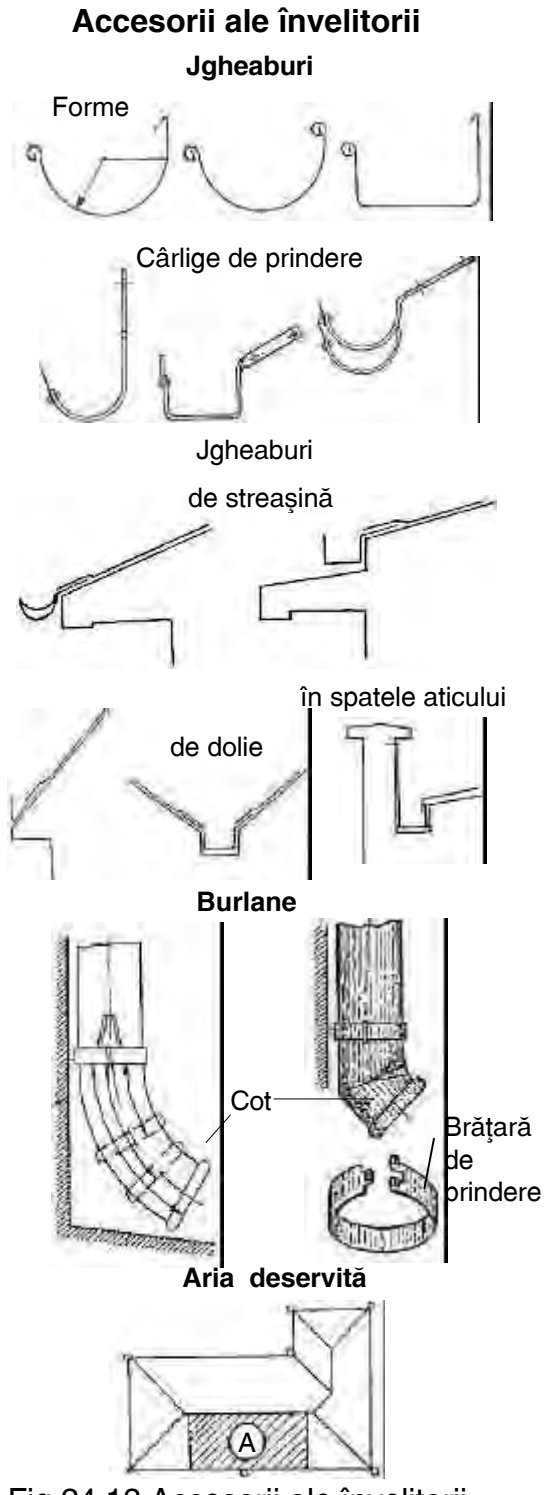


Fig.24.13 Accesorii ale învelitorii. Jgheaburi. Burlane

precipitaţii la reţeaua de canalizare (fig.24.13).

Racordarea între burlan (în general, are secţiunea circulară) şi jgheab se realizează cu o piesă specială, independentă de burlan, pentru a nu împiedica deplasările din variaţiile de temperatură.

Burlanele se fixează pe pereţi prin intermediul brăţărilor inelare, alcătuite din oţel lat şi o tijă ascuţită ce se introduce în pereţi.

Secţiunea burlanului, care trebuie să evacueze apa de pe o anumită suprafaţă de acoperiş, este funcţie de aria de acoperiş deservită (în proiecţie orizontală).

Se recomandă ca evacuarea apei din burlan să se facă la reţeaua de canalizare; în cazul în care aceasta lipseşte, evacuarea se face liberă în rigole. Clădirile cu acoperiş în pantă trebuie prevăzute cu jgheaburi şi burlane, pentru a evita deranjarea circulaţiei pe lângă clădiri, ca şi deteriorarea faţadelor.

Reabilitarea termică a acoperişurilor cu pod

Îmbunătăţirea comportării termice a planşeului de la acoperişurile cu pod se poate realiza prin pozarea unei izolaţii termice suplimentare la partea superioară sau inferioară a podului.

Amplasarea la partea superioară are avantajul unei execuţii economice şi nu afectează spaţiul, care poate fi utilizat cu funcţiune de locuit. Izolaţia termică suplimentară la partea superioară se aplică pe o barieră de vapori (folie din material plastic), care se va mula şi fixa pe planşeul existent, pentru realizarea unei etanşeităţi corespunzătoare. Bariera de vapori se aplică pe partea caldă a termoizolaţiei.

Izolaţia termică suplimentară se realizează cu saltele din vată minerală, care vor umple complet întreaga suprafaţă înclinată a acoperşului.

La streaşină se va prevedea o gură de ventilaţie, pentru eliminarea vaporilor de apă.

Funcţie de rezistenţele termice necesare se pot utiliza şi izolaţii termice, la partea superioară a planşeului de rezistenţă orizontal, din material granular (granulit, zgură) sau vată minerală protejată cu o şapă armată.

Izolaţia suplimentară se poate amplasa şi la partea inferioară a planşeului, prin utilizarea unui tavan fals din plăci de ipsos carton fixat prin intermediul unei reţele metalice de planşeul de rezistenţă existent.

În cazul în care nu există o barieră de vapori eficientă sau dacă rezistenţa termică a izolaţiei suplimentare este mai mare decât o rezistenţă termică totală, noul tavan fals va fi prevăzut cu o barieră de vapori pozată pe partea caldă a izolaţiei.

Măsurile de izolare suplimentară a acoperişurilor cu pod vor conduce la o micşorare a curenţilor de aer şi a căldurii pe suprafeţele interioare, ceea ce înseamnă că temperatura aerului poate fi redusă fără a crea disconfort.

Măsurile de izolare termică suplimentară, pozate la suprafaţa interioară înclinată a acoperişului, are avantajul înzestrării clădirii cu o caracteristică favorabilă a absorbţiei zgomotului.

În schimb, aceste măsuri necesită o atenţie deosebită la aspectele referitoare la protecţia contra umezelii.

24.4. ACOPERIŞURI TIP TERASĂ

Acoperişurile cu pante reduse terase îşi găsesc, în arhitectura contemporană, largi domenii de aplicare, atât la clădiri de locuit, social-culturale, cât şi la cele industriale (fig.24.14).

Adoptarea acoperişurilor-terasă, cu înclinarea mai mică de 6^0 sau 10,5 %, este determinată de rezolvarea tehnică, de economicitatea şi aspectul arhitectonic al clădirii (fig.24.14).

Acoperişurile-terasă pot fi: circulabile sau necirculabile (fig.24.15).

În funcţie de acţiunea fluxului de căldură, acoperişurile-terasă sunt denumite acoperişuri calde, deoarece învelitoarea este supusă direct fluxului de căldură, şi acoperişuri reci, ce sunt izolate prin aerul cuprins în pod.

Acoperişurile, în general, peste încăperile încălzite, se pot grupa în:

- acoperişuri care nu cuprind straturi de aer ventilat (acoperişuri-terasă

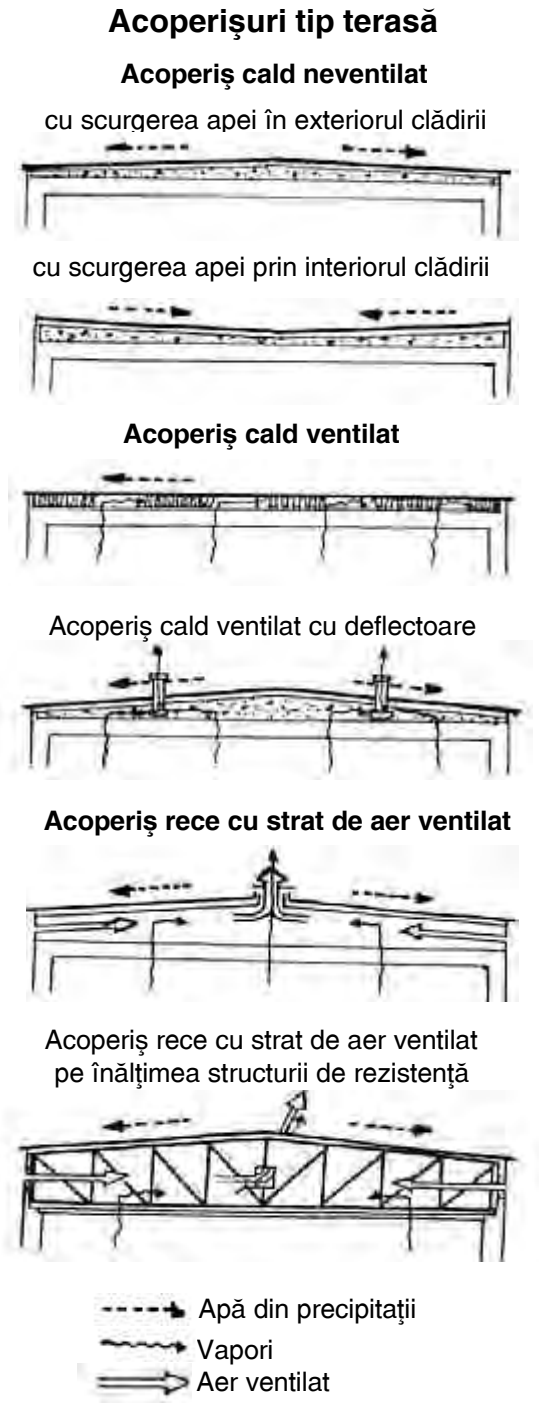


Fig. 24.14 Tipuri de acoperişuri. Scurgerea apei din precipitaţii. Evacuarea vaporilor de apă.

compacte şi aerate de straturile de difuzie a vaporilor) (fig.24.14);

• acoperişurile care cuprind un strat de aer ventilat (acoperişuri-terasă cu canale sau acoperişuri cu pod tehnic ori pod folosibil fig.24.14).

Acoperişurile terasă trebuie astfel alcătuite încât să asigure evitarea deformării, fisurării planşeului şi elementelor verticale portante, sub acţiunea diferenţelor mari de tempratură (necesara limitarea acestora la 30^0C) Se vor evita deformaţiile mari în elementele secundare ce susţin învelitoarea, micşorând astfel etanşeitatea la aer şi apă.

Asigurând acoperişul tip terasă contra fisurării, se va mări etanşeitatea la apă în timpul exploatării clădirii.

Concepţia acoperişului terasă în ansamblu şi în detalii (în zonele de evacuare, dolii) trebuie să asigure etanşeitatea la apă din precipitaţii.

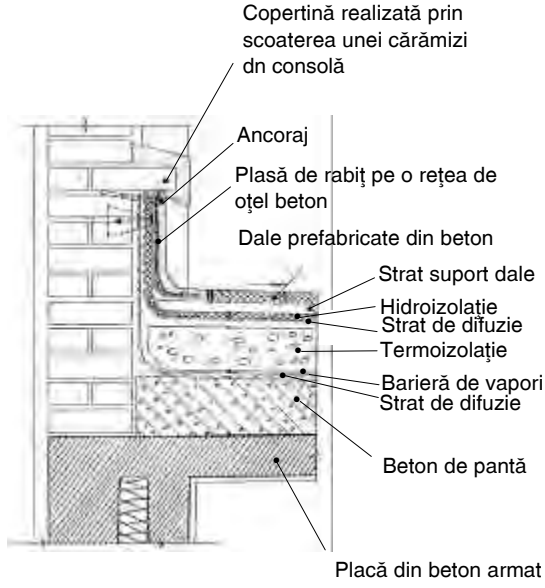
În vederea asigurării condiţilor de confort termic interior şi pentru evitarea riscului de condens se va adopta o rezistenţă termică efectivă a straturilor componente acoperişului terasă mai mare ca rezistenţa termică necesară din condiţia unor pierderi minime de căldură în vederea economisirii energiei în perioada exploatării.

Se va asigura umiditatea normală de exploatare prin evitarea condensului superficial şi în interiorul acoperişului terasă.

Solicitările asupra acoperişurilor-terasă pot fi din exteriorul sau interiorul clădirii, şi anume:

Clasificarea acoperişurilor tip terasă

Acoperiş terasă circulabilă



Acoperiş terasă necirculabilă

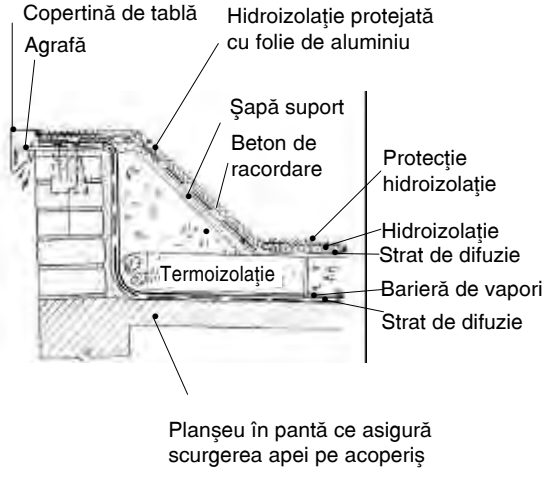


Fig. 24.15 Acoperişuri terasă circulabile şi necirculabile. Elemente ce delimitează marginile acoperişurilor

- apa din precipitaţii;
- acţiunea razelor solare;
- variţiile de temperatură;
- acţiunea vântului şi a zăpezii;
- acţiunea incendiilor;
- circulaţia ocazională (în timpul reparaţiilor) sau permanentă a oamenilor;
- din interior, acţionează umiditatea ridicată a aerului.

Acţiunea fluxului de căldură şi ventilarea va clasifica acoperişurile în:

- acoperişuri reci, la care între straturile de izolaţie termică şi izolaţie hidrofugă există un spaţiu care poate fi utilizat sau activ ventilat; Aceste acoperişuri pot fi realizate şi cu învelitoare discontinuă permeabilă la aer.
- acoperişuri calde, la care izolaţia hidrofugă face corp comun cu straturile inferioare ce îndeplinsc funcţiunea de izolare termică, pantă. Acoperişurile calde pot fi ventilate printr-o reţea de canale de aerare ce sunt în legătură cu atmosfera exterioară.

Comportarea higrotermică a acoperişurilor duble

Acoperişurile terasă, cu două membrane şi cu interspaţiu de aer ventilat, au calitatea de a fi durabile şi sigure în exploateare în conditiile oricărui fel de climă şi la umidităţi relative foarte mari (80...90%). Vaporii de apă ce difuzează din încăpere prin planşeu şi stratul de termoizolaţie în interspaţiul de aer vor fi evacuaţi în exterior, pentru a nu condensa (fig.24.14).

Ventilarea naturală (deasupra izolaţiei termice) a acoperişurilor duble este determinată de vânt şi de diferenţele de temperatură.

Comportarea favorabilă din punct de vedere higrotermic se reflectă în eliminarea pericolului de condens şi micşorarea supraîncălzirii în timpul verii.

În timpul iernii, staţionarea zăpezii pe acoperişurile cu învelitori discontinue acoperă rosturile, micşorând acţiunea de ventilare naturală şi mărind izolarea termică.

Creşterea temperaturii conduce la topirea zăpezii şi la reactivarea ventilării naturale.

La acoperişurile duble, ventilate, apar pierderi suplimentare de căldură datorită permeabilităţii la aer a materialelor termoizolatoare.

Rezistenţa la transfer termic a acoperişului ventilat se compune din rezistenţa termică a stratului de aer neventilat la care se adaugă raportul influenţat de: căldura masică şi densitatea aerului umed, viteza aerului, înălţimea şi lungimea spaţiului de ventilare.

Presiunea vântului şi convecţia termică vor influenţa circulaţia aerului în spaţiul de ventilare. Viteza curentului de aer (acoperişuri orizontale) este direct proporţională cu aria orificiilor de intrare, viteza vântului şi invers proporţională cu înălţimea stratului de ventilare.

Condensarea vaporilor de apă în stratul de aer ventilat sau pe suprafaţa

inferioară a învelitorii va fi influenţată de temperatura aerului exterior la părăsirea stratului de ventilare şi cea de pe suprafaţa superioară a învelitorii.

Ventilaţia se obţine prin prevederea, în acoperiş a unor orificii pentru circularea aerului.

Orificiile de intrare şi ieşire a aerului sunt în legătură cu atmosfera exterioară.

Asigurarea tirajului aerului se realizează prin: amplasarea orificiilor de intrare a aerului mai jos decât cele de la ieşire.

Aria orificiilor de la intrare trebuie să fie mai mare decât cele de la ieşire.

Dimensiunile spaţiului de aer ventilat, orificiile de intrare şi evacuare a aerului,vor fi influenţate de:

- temperatura, umiditatea şi viteza aerului;
- forma şi panta acoperişului;
- distanţa, diferenţa de nivel şi poziţia faţă de vântul dominant.

Acoperişul terasă cu două membrane are, aşadar, aşezat stratul de termoizolaţie fără barieră contra vaporilor pe prima membrană - planşeul ultimului etaj iar a doua membrană - planşeul acoperişului este suportul hidroizolaţiei.

Acoperişuri calde tip terasă

Aceste acoperişri au o alcătuire complexă, reazemă direct pe planşeul de rezistenţă şi se prevăd cu izolaţii hidrofuge continue.

La acest tip de acoperiş, hidroizolaţia se amplasează peste stratul de termoizolaţie, constituind o puternică barieră contra vaporilor, care au tendinţa de a condensa în interiorul termoizolaţiei.

Pentru a împiedica pătrunderea vaporilor în stratul termoizolator, se va poza o barieră contra vaporilor la partea inferioară a acestui strat, urmărindu-se ca rezistenţa la permeabilitate a vaporilor straturilor de sub termoizolaţie să fie echivalentă cu cea a straturilor de deasupra.

Elementele componente ale acoperişului-terasă sunt (fig.24.16):

- planşeul, elementul de rezistenţă;
- beton de pantă (în cazul planşeului orizontal);
- stratul de egalizare, în special la structurile prefabricate;
- bariera de vapori;
- termoizolaţia;
- protecţia termoizolaţiei;
- suportul hidroizolaţiei;
- hidroizolaţia;
- protecţia hidroizolaţiei;
- suportul pardoselii (acoperişuri circulabile);
- stratul de uzură.

În concordanţă cu solicitările exterioare şi interioare, cât şi cu cerinţele de ordin tehnic, acoperişurile-terasă pot avea diferite posibilităţi de rezolvare,prin combinaţii diferite ale elementelor componente enunţate.Elemente componente.Materiale.

Acoperişul-terasă este alcătuit din materiale cu caracteristici fizico-mecanice diferite.

Acoperiş tip terasă. Elemente componente

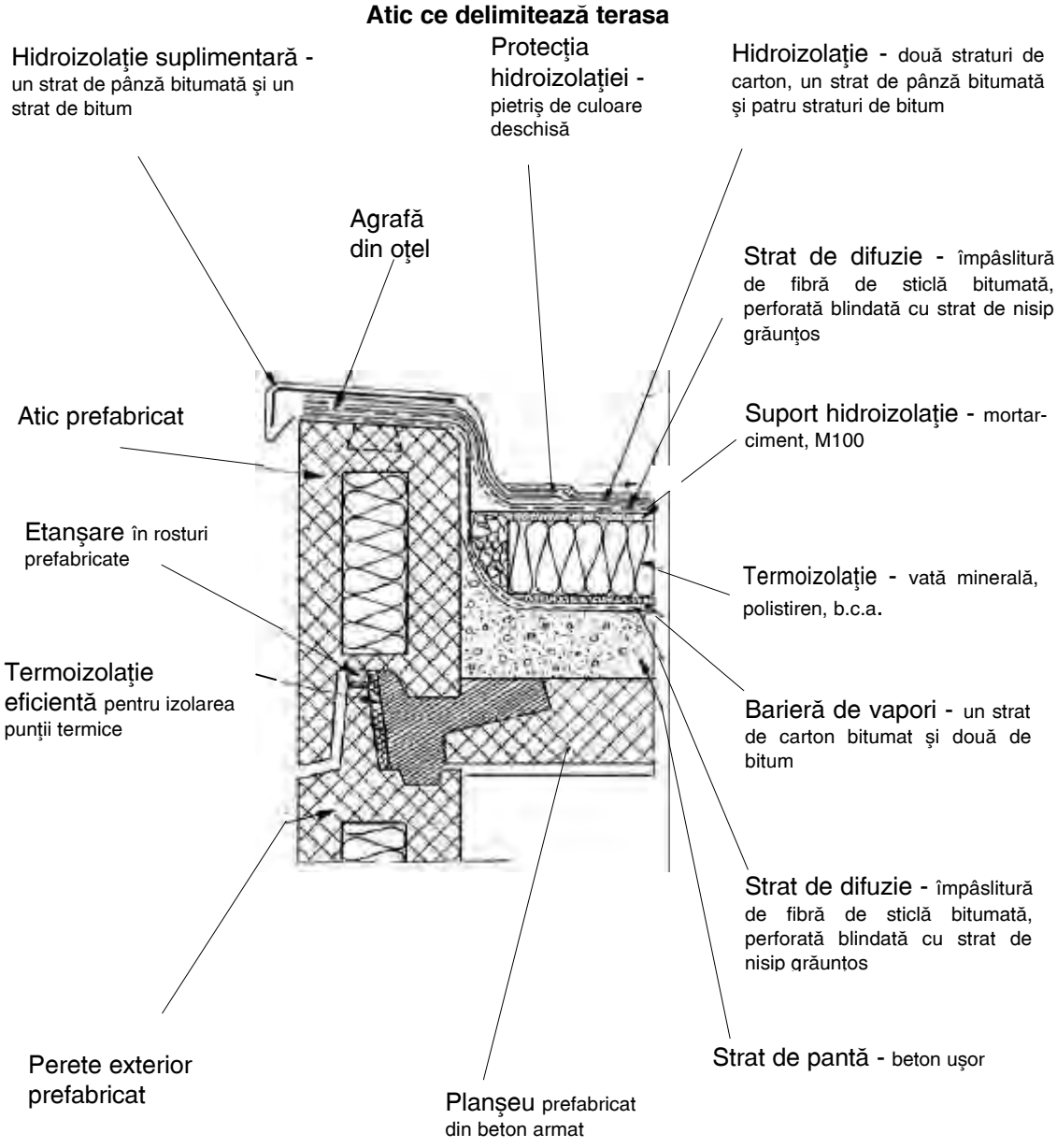


Fig. 24.16 Elemente componente ale acoperişului terasă. Detaliu de atic prefabricat.

Planşeul, elementul de rezistenţă al acoperişului-terasă, care preia încărcările permanente, climatice şi utile, este alcătuit din beton arrnat monolit sau prefabricat.

Stratul de egalizare, care nivelează suprafaţa planşeului, se realizează din mortar de ciment sau din nisip grăunţos, bine nivelat.

Bariera de vapori se execută din: pelicule din vopsele pe bază de ulei de in, bitum tăiat aplicat în două straturi, folii din cartoane bitumate şi împâslitură de sticlă bitumată lipite între două straturi de mastic bituminos sau folii de polietilenă sudate sau lipite cu adeziv.

Stratul de echilibrare a presiunii (strat de difuzie) se realizează din carton bitumat perforat blindat cu nisip grosier sau împâslitură din fibre de sticlă bitumată perforată, presărată şi lipită pe o faţă cu nisip, iar pe cealaltă cu material granular (fig.24.17).

Stratul de difuzie a vaporilor mai poate fi alcătuit din: foi de carton bitumat sau de împîslitură bitumată, lipite cu mastic bituminos în ştraifuri sau puncte; din cartoane de construcţie gofrate (cu falţuri) sau cartoane ondulate cu aerare prin ondule.

Stratul termoizolant sporeşte rezistenţa termică a acoperişului-terasă, pentru a satisface necesităţile cerute de climatul interior şi economia de energie în exploatare.

Se consideră materiale termoizolante acele materiale, care prezintă un coeficient de conductivitate termică de calcul mai mic de 0,5 W/mK.

Materialele termoizolante sunt corpuri poroase în structura cărora intră un schelet solid şi aerul din pori sau golurile materialului.

După natura lor, aceste materiale pot fi anorganice realizate pe baza substanţelor minerale şi organice - provenite din substanţe de natură organică.

Materialele termoizolatoare se pot clasifica şi după structura lor, în: materiale coerente celulare (b.c.a), necoerente granulare (granulit), fibroase (vată minerală), coerente cu structură mixtă (beton de granulit), materiale din polimeri sintetici (polistiren celular).

Betonul celular autoclavizat se livrează sub formă de blocuri şi plăci; are o structură poroasă, omogenă (fig.24.18).

Densitatea aparentă în stare uscată, la b.c.a, variază între 4000-7500 N/m^3, iar coeficientul de conductivitate termică are valorile, pentru diferite tipuri de b.c.a, cuprinse între 0,09-0,17 W/mK.

Granulitul (sau betonul de granulit) este o argilă expandată granulată, fabricată pe cale umedă sau uscată, într-un cuptor rotativ.

Granulitul se poate folosi în vrac sau sub formă de plăci de beton de granulit.

Vata minerală este un material compus din fibre subţiri, vârtoase, obţinute din topituri de zguri metalurgice acide sau roci naturale.

Evacuarea vaporilor de apă din acoperişurile tip terasă

Poziţionarea stratului de difuzie

Sub bariera de vapori

Deasupra stratului de termoizolaţie

Realizarea canalelor

Eliminarea vaporilor

Eliminarea vaporilor prin deflectoare

Deflectoare

Eliminarea vaporilor la acoperişurile cu una şi două pante

Strat de difuzie

Din foaie de carton bitumat perforat

1 — 1

Secţiune 1-1

Foaie de carton perforată

Mastic bituminos pentru lipirea prin puncte

Nisip sau pietriş mărunt

Eliminarea vaporilor de apă prin deflectoare

Tub de aerisire dublu

Protecţie hidroizolaţie

Hidroizolaţie

Strat de difuzie

Barieră de vapori

Placă din beton armat

Termoizolaţie

Fig. 24.17 Eliminarea vaporilor de apă din acoperisurile tip terasă

Vata minerală poate fi livrată sub forma următoarelor sortimente: saltele, pâslă, plăci, cochilii, fâşii de şnur. Valorile densităţii aparente sunt pentru vata minerală folosită la izolaţii termice în construcţii şi instalaţii, de 600...1000 N/m^3. Conductivitatea termică a vatei minerale este 0,035 W/mK.

Polistirenul celular este un material plastic celular obţinut prin expandarea granulelor de polistiren cu ajutorul unui gaz. Acest material termoizolant se fabrică sub formă de blocuri şi plăci.

Polistirenul celular se depozitează, prin stivuire, în depozite uscate, ferit de contactul direct cu apa şi sursele de căldură sau flăcări.

Densitatea aparentă a acestui material variază între 150...290 N/cm^3, iar conductivitatea termică are valoarea 0,035 W/mK.

Protecţia stratului de termoizolaţie contra umidităţii provenite din betonul de pantă se realizează din carton bitumat cu marginile lipite sau bitum aplicat prin vopsire.

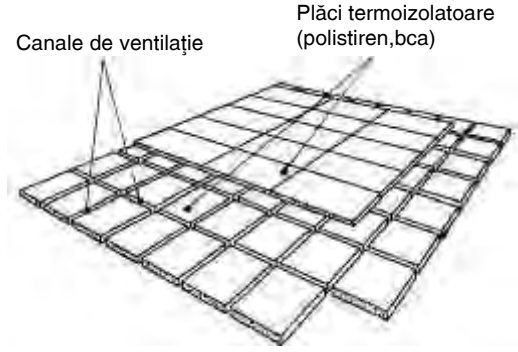
Betonul de pantă, încărcare moartă suplimentară, este recomandabil să se execute din beton uşor, din zgură sau granulit, pentru a contribui şi la izolarea termică a acoperişului.

Suportul hidroizolaţiei se realizează dintr-un strat de mortar de ciment de 2...3 cm grosime; această şapă se va arma când betonul de pantă lipseşte sau este amplasat sub termoizolaţie.

Armarea realizează o protecţie rigidă a termoizolaţiei contra acţiunilor mecanice.

Strat de termoizolaţie

Canale de ventilaţie din pozarea plăcilor termoizolatoare



Canalele de ventilaţie se obţin prin distanţarea primului rând de plăci termoizolatoare, se dispun pe două direcţii perpendiculare, comunicând între ele la intersecţie

Termoizolaţia şi straturile adiacente

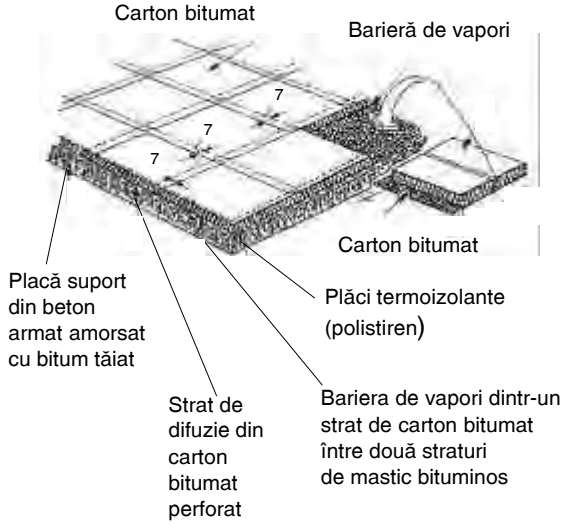


Fig.24.18 Acoperişuri terasă. Stratul de termoizolaţie

Hidroizolaţia se execută din: carton bitumat, pânză bitumată, împâslitură de fibre de sticlă bitumată (suport imputrescibil), lipite cu bitum.

Hidroizolaţia se protejează la exterior, la terasele necirculabile, contra radiaţiilor solare, cu un strat de nisip grăunţos, pietriş mărgăritar, şapă de mortar asfaltic sau din celochit.

În cazul pantelor sub 3^0, se poate folosi un strat dublu de protecţie a hidroizolaţiei, care se obţine dintr-un strat de mastic bituminos, pentru fixarea pietrişului, peste care se aşează alt strat de lipire din mastic bituminos, pe care se fixează, de asemenea, un strat de pietriş. În cazul pantelor sub 3^0, stratul de protecţie poate fi realizat şi dintr-un strat de pietriş liber.

La terasele circulabile, suportul pardoselii poate fi realizat în funcţie de intensitatea circulaţiei, dintr-un strat de nisip de râu sau, în cazul unei circulaţii foarte intense, dintr-o şapă de mortar armată (fig.24.15).

Stratul de uzură se alcătuieşte din plăci de beton, sau din plăci de mortar mozaicat ori mozaic turnat la faţa locului, pe un strat suport.

Alcătuire constructivă şi tehnologie de execuţie

Hidroizolaţia are rolul de a împiedica pătrunderea apei din precipitaţii în acoperişul-terasă. Fiind situată la partea superioară a acoperişului, în contact cu radiaţiile solare, se va degrada prin îmbătrânirea şi rigidizarea bitumului, iar cartoanele şi pânzele bitumate, alcătuite din materii organice, sunt expuse putrezirii.

Pentru evitarea deteriorării hidroizolaţiei, prin îmbătrânire, ea se protejează cu un strat monogranular de pietriş sau agregate uşoare (granulit sau zgură expandată), lipit de hidroizolaţie. În scopul protejării acestui strat contra radiaţiilor solare, mai pot fi folosite vopsele de culoare deschisă pe bază de polimeri.

Hidroizolaţia fiind, în general, amplasată deasupra stratului termoizolator, acţionează ca o barieră puternică împotriva vaporilor şi a apei, producând în timpul iernii, condesarea vaporilor în cadrul termoizolaţiei. Reducerea impermeabilităţii hidroizolaţiei la vapori poate fi realizată, în cadrul acoperişurilor cu pante mari, prin folosirea pânzelor bitumate şi a suspensiei de bitum filerizat; acest strat (hidroizolaţia la rece) este impermeabil la apă şi permeabil la vapori.

Variaţiile mari de temperatură, între noapte şi zi sau anotimpurile iarnă şi vară, acţionează asupra stratului de hidroizolaţie şi a suportului ei, provocând fisurarea lor.

Pentru a reduce eforturile din hidroizolaţie, cauzate de dilataţia termică a şapei-suport, şi pentru a împiedica formarea băşicilor în hidroizolaţie, se va introduce sub acest strat un carton perforat.

Termoizolaţia este alcătuită din materiale cu rezistenţă termică mare. Are rolul de a micşora pierderile de căldură şi de a proteja construcţia

contra fisurilor şi a crăpăturilor, cauzate de efectele temperaturii.

În cazul acoperişurilor cu o singură membrană, când hidroizolaţia se aplică direct pe termoizolaţie, aceasta din urmă trebuie să fie alcătuită din materiale rezistente la temperatură şi la deformare sub influenţa umezirii repetate.

Acumularea de umezeală, din bilanţul anual de umiditate şi din încăperi cu umiditate relativă mai mare de 60%, poate provoca o deteriorare timpurie a stratului de termoizolaţie.

Reducerea umezelii în acest strat se poate realiza prin creşterea rezistenţei la permeabilitatea faţă de vapori a straturilor de sub termoizolaţie, astfel încât să fie egală cu cea din straturile de deasupra. Acest lucru se obţine prin aplicarea unei bariere de vapori foarte puternice, din multiple straturi de cartoane bitumate între straturi de mastic de bitum sau, mai economic, din folii de polimeri.

Strat de difuzie. Tot cu scopul micşorării cantităţii de umezeală din termoizolaţie, se foloseşte intercalarea unor straturi subţiri sau canale de aerare. Acestea permit micşorarea presiunii vaporilor şi eliminarea lor în atmosfera exterioară.

Realizarea straturilor de aerare, în cazul acoperişurilor cu o singură membrană (acoperişuri calde), se face prin folosirea cartoanelor ondulate sau perforate (presărate pe faţa interioară cu nisip grăunţos), care se aplică uscat pe planşeul de beton armat, peste care se lipeşte bariera contra vaporilor, numai în dreptul perforaţiilor.

Canalele de aerare se pot executa şi în stratul de termoizolaţie, la partea superioară sau inferioară.

În funcţie de umiditatea relativă interioară, poate fi realizat un singur rând de aerare, sau două deasupra şi sub stratul de termoizolaţie.

Stratele şi canalele de aerare sunt legate cu atmosfera exterioară pe conturul acoperişului şi suplimentar, când suprafaţa acoperişului e mare, cu deflectoare (fig.24.17).

În cazul umidităţilor relative foarte mari, stratul de termoizolaţie se protejează contra umidităţii prin crearea acoperişului cu două membrane cu strat de aer ventilat.

Stratul de difuzie a vaporilor e constituit din strate continue de aer care au rolul de egalizare a presiunii vaporilor (fig.24.17).

Indiferent de modul de alcătuire, acest strat trebuie să fie pus în legătură cu aerul exterior, pentru a permite eliminarea vaporilor spre atmosfera exterioară.

Acest strat are diverse amplasări, ca: între termoizolaţie şi hidroizolaţie sau între planşeu şi bariera contra vaporilor.

Bariera contra vaporilor este stratul care se aşează de obicei între planşeu şi termoizolaţie.

Acest strat subţire are o mare rezistenţă la difuzia vaporilor, care, prin condesare, ar produce în stratul termoizolator o umezire progresivă.

Scurgerea apelor meteorice pe acoperişurile terasă

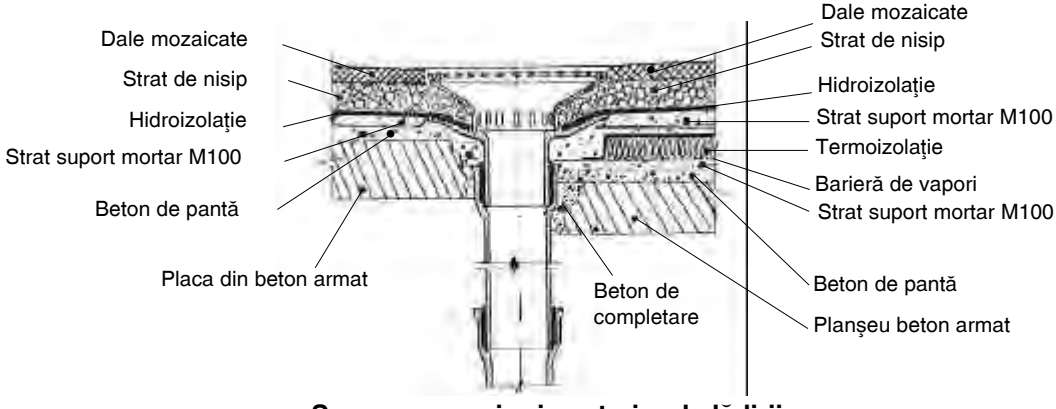
Acoperişuri cu două plane

Scurgerea apei prin exrteriorul clădirii **Scurgerea apei prin interiorul clădirii**

Acoperişuri cu patru plane înclinate

Scurgerea apei prin interiorul clădirii

Acoperiş neizolat termic **Acoperiş izolat termic**



Scurgerea apei prin exteriorul clădirii

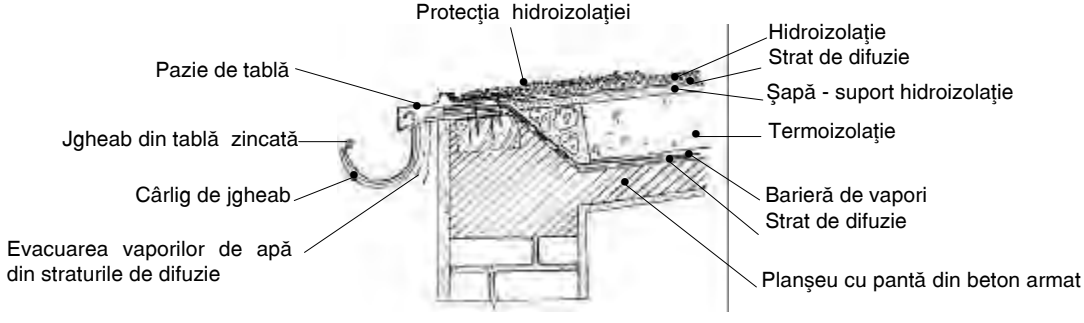


Fig. 24.19 Acoperişuri terasă. Moduri de colectare şi evacuare a apelor din precipitaţii prin interiorul sau exteriorul clădirii

Stabilirea ca necesitate a barierei contra vaporilor se face pe baza calculului higrotermic.

Condiţii de execuţie. Stratul suport al planşeului trebuie să aibă o planeitate suficientă. Acest lucru este necesar pentru ca, ulterior, să nu se încarce inutil cu straturi de egalizare. În cazul denivelărilor, se execută o şapă de egalizare.

Straturile de termoizolaţie, realizate din beton uşor turnat, sunt întrerupte din loc în loc de rosturi, umplute ulterior cu mastic bitumat.

Termoizolaţia executată din materiale în vrac se face în straturi de 10 cm, fiind îndesate cu maiuri uşoare.

Plăcile semirigide de vată minerală - termoizolaţie estetică - se aşează fără rosturi, iar pentru evitarea unei tasări excesive a termoizolaţiei şi a umezirii, stratul de protecţie (mortar de ciment) se aşterne odată cu aplicarea termoizolaţiei.

Pentru evitarea umezirii termoizolaţiei, cauzată de precipitaţiile atmosferice, este necesar ca:

- acest strat să se aplice în fâşii transversale pe lăţimea clădirii;
- suprafaţa fâşiilor să fie astfel aleasă, încât să existe condiţiile de acoperire a termoizolaţiei cu o hidroizolaţie;
- în timpul execuţiei, suprafaţa acestui strat se va acoperi provizoriu cu cartoane bitumate sau folii de polietilenă.

Pe stratul termoizolator rigid sau elastic circulaţia este interzisă.

În cazul planşeelor cu pod, termoizolaţia (granulit, saltele de vată minerală, plăci b.c.a. sau polistiren celular) se va acoperi cu un carton simplu, pentru a se evita umezirea la podurile necirculabile şi cu o şapă de beton slab armat la podurile circulabile.

Termoizolaţia din plăci de b.c.a. se aşează cu rosturi strânse pe un pat de nisip sau mortar, pentru a nu deteriora bariera de vapori.

Termoizolaţia din plăci de polistiren celular se aplică pe bariera contra vaporilor, prin lipire continuă cu un strat de bitum cald (fig.24.18). Având în vedere rezistenţa mică a polistirenului celular la temperaturi înalte, hidroizolaţia se aplică prin intermediul unui strat de difuzie a vaporilor, după ce plăcile de polister au fost acoperite, înaintea montării pe acoperiş, cu o peliculă din mortar de ciment cu aracet. Altă soluţie ar fi ca placa de polistiren celular să fie acoperită prin lipire în prealabil cu un strat al hidroizolaţiei. Deflectoarele, care realizează comunicarea stratului de aer ventilat cu exteriorul, se distribuie uniform, pentru a ventila o suprafaţă de 10x10 m. Deflectoarele realizează legătura straturilor de difuzie cu atmosfera exterioară.

Racordarea învelitorii.

Învelitoarea acoperişurilor-terasă se va racorda:

- cu elementele verticale ale acoperişului;

- la gurile de scurgere;
- la rosturile de deformaţii.

În cazul racordării şi etanşării hidroizolaţiei cu elementele verticale, trebuie să se aibă în vedere, în primul rând fixarea şi protejarea hidroizolaţiei verticale, şi, în al doilea rând, închiderea rostului la marginea izolaţiei (fig.24.14; fig.24.19).

Peste hidroizolaţia aticului, care parcurge suprafaţa verticală şi orizontală a acestuia, se prevede o plintă şi o copertină din beton armat, care, la terasele necirculabile, se acoperă cu o pazie de tablă zincată. Plinta se realizează din mortar armat cu plasă de rabiţ şi o reţea de fier beton. La partea superioară a parapetului, hidroizolaţia se fixează prin introducerea în rostul zidăriei. Plinta de protecţie a hidroizolaţiei verticale se poate ancora în copertină.

Racordarea hidroizolaţiei la gurile de scurgere (fig.24.19), care reprezintă legătura între învelitoarea terasei şi burlanele interioare, se realizează cu deosebită atenţie, deoarece în acest loc al terasei se trece de la curgerea liberă la curgerea etanşă.

Etanşeitatea perfectă în jurul conductei se obţine cu: tablă subţire de plumb, pânză impregnată, bitum sau mastic bituminos, care fac legătura între conducta interioară de scurgere şi hidroizolaţia curentă a terasei. Aceste materiale se mulează în formă de pâlnie şi sunt presate, cu ajutorul unui inel, în gura de scurgere. Ultimul strat al hidroizolaţiei se aplică peste flanşa

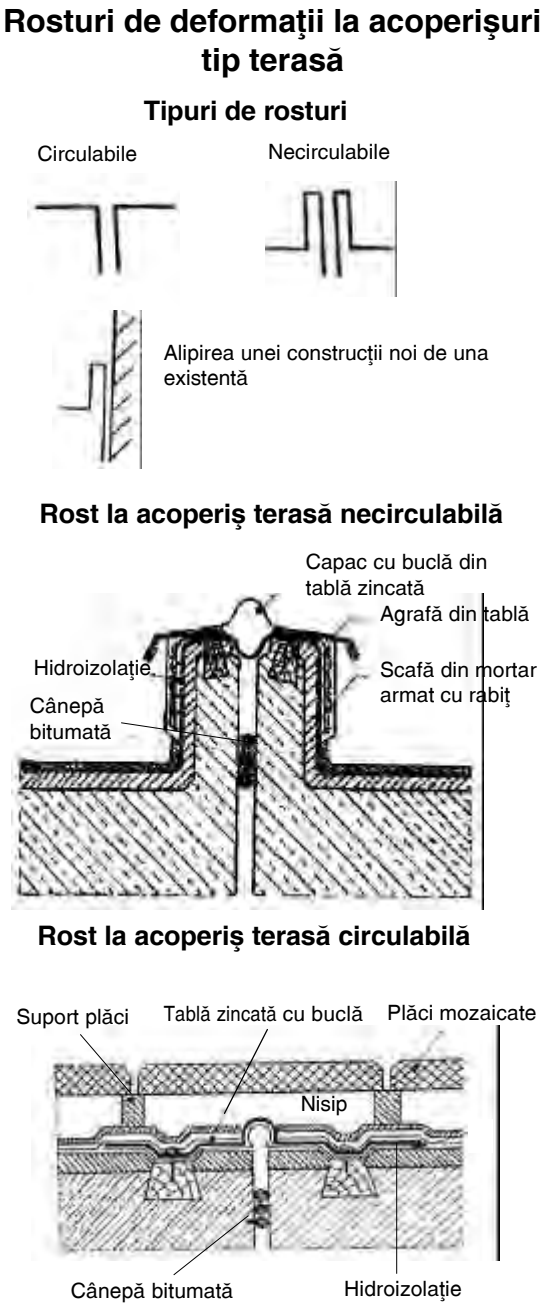


Fig. 24.20 Rosturi de deformaţii la acoperişuri terase. Racordarea hidroizolaţiei.

orizontală. În cazul terasei necirculabile, la nivelul ultimului strat de izolaţie hidrofugă se montează în ştuţ un guler de tablă zincată cu secţiunea de cornier, de care este fixat un grătar de sârmă zincată. Racordarea hidroizolaţiei la rosturile de deformaţii (fig.24.20) trebuie astfel rezolvată, încât să permită deplasarea relativă a celor două tronsoane de clădire, dar totodată să nu introducă tensiuni în stratul de hidroizolaţie.

La terasele necirculabile, rostul se rezolvă prin executarea unor reborduri pe care se ridică hidroizolaţia. Acest strat se execută cu o buclă şi se aplică pe un strat de mortar de ciment, obţinut cu scafe rotunjite. Acoperirea rostului se realizează cu piese prefabricate sau cu tablă galvanizată, asigurând scurgerea apelor direct pe terasă.

Rostul de deformaţii, la terasele circulabile, trebuie să fie de nivel, iar continuitatea hidroizolaţiei se asigură prin foi metalice care au, în dreptul rostului, prevăzută o buclă. Această buclă, asigură un spor de lungime în cazul dilatării rostului, astfel încât să nu se producă solicitări în hidroizolaţie

Bibliografie

1. AGENT, R., - Expertizarea şi punerea în siguranţă a clădirilor existente, afectate de cutremure, Editura FAST PRINT, Bucureşti, 1998.
2. AGENT, R., POSTELNICU, T., - Calculul structurilor cu diafragme din beton armat (vol.1 şi 2), Bucureşti, Editura Tehnică,1982, 1983.
3. ALDER, L., SOLOMON, Z. şi ENACHE, C., - Proiectarea clădirilor şi ansamblurilor industriale, Editura Tehnică, 1973.
4. ANDREICA, H.A. şi DUMITRAŞ, M., -Proiectarea construcţiilor, Editura Universitatea Tehnică, Cluj-Napoca, 1994.
5. ARSENIE, G., ş.a. - Soluţii de consolidare a construcţiilor avariate de cutremure, Editura Tehnică, 1997.
6. ASANACHE, H., - Higrotermica clădirilor, Editura MATRIX ROM, Bucureşti, 1999.
7. AVRAM, C., BOB, C., - Noi tipuri de betoane speciale, Editura Tehnică, Bucureşti, 1980.
8. BĂLAN, Şt., CRISTESCU, V., CORNEA, I., - Cutremurul de pământ din România de la 4 martie1977, Bucureşti, Editura Academiei, 1982.
9. BĂLAN, S., ARCAN, M., - Încercarea construcţiilor, Editura Tehnică, Bucureşti, 1965.
10. BAUD, G., - Le Bâtiment, Editions Bordas, Paris, 1972.
11. BELCEA, N., DARIE, M., - Acoperişuri, Universitatea Tehnică de Construcţii Bucureşti, 1978.
12. BOB, C., - Încercarea construcţiilor, Universitatea Tehnică Timişoara, 1981.
13. BOB, C., - Verificarea calităţii, siguranţei şi durabilităţii construcţiilor, Editura Facla, Timişoara, 1989.
14. BOGHIAN, V., - Construcţii din lemn, Universitatea Tehnică Iaşi, 1970.
15. BOGHIAN, V., - Construcţii industriale, vol I, II, Universitatea Tehnică Iaşi, 1987.
16. BOGHIAN, V., JERGHIUŢA, V., CIORNEI, Al., GAVRILAŞ, I., TARANU, N., - Indrumător pentru proiectarea construcţiilor de lemn, Universitatea Tehnică Iaşi, 1970.
17. BOGHIAN, V., CIORNEI, Al., TĂNĂSACHI, L., - Elemente de construcţii din materiale plastice cu fibre de sticlă. Buletin de informare tehnică. Construcţii industriale şi agro-zootehnice. Caietul C, nr.9, Bucureşti 1970.
18. BOGHIAN, V., CIORNEI, Al., TĂNĂSACHI, L., ŞTEFANI, T., CORNEA, R., MOŢOI, M., - Luminatoare din poliesteri armaţi cu fibre de sticlă la hale industriale. Revista Materiale plastice, nr.1, Bucureşti 1972.
19. BORGES, F.J., CASTANHETA, M., - Siguranţa construcţiilor, Editura Tehnică, Bucureşti, 1974.
20. BRONNIKOV, P., I., - Construcţii din elemente spaţiale, Editura Tehnică, Bucureşti, 1983.
21. CARACOSTEA, A., - Manualul pentru calculul construcţiilo, vol I, Editura Tehnică, Bucureşti, 1977.
22. CIORNEI, Al., - Clădiri, vol I - (Evoluţia sistemelor constructive în istoria arhitecturii. Noţiuni de sistematizare.), Universitatea Tehnică Iaşi, 1973.
23. CIORNEI, Al., - Clădiri, vol II - partea 1 - (Fundaţii. Pereţi.), Universitatea Tehnică Iaşi, 1974.
24. CIORNEI, Al., - Clădiri, vol II - partea 2 - (Planşee. Scări. Acoperişuri.), Universitatea Tehnică Iaşi, 1974.
25. CIORNEI, Al., BROŞTEANU, M., - Indrumător pentru proiectarea construcţiilor civile, vol I, Universitatea Tehnică Iaşi, 1978.
26. CIORNEI, Al., SECU, Al., VASILACHE, M., - Indrumător pentru proiectarea construcţiilor civile, vol II, Universitatea Tehnică Iaşi, 1983.
27. CIORNEI, AL., VASILACHE, M., SECU, AL., ŞTEFĂNESCU, D., VIDRAŞCU, I. - Îndrumător pentru proiectarea construcţiilor civile, Universitatea Tehnică Iaşi, 1991.
28. CIORNEI, AL., RĂILEANU, P., - Cum dominăm pământurile macroporice sensibile la umezire, Editura Junimea, Iaşi 2000
29. CIORNEI, Al., - Determinarea caracteristicilor termice ale unui tip de planşeu cu corpuri ceramice. Revista Materiale de construcţii,nr.3, Bucureşti 1976.
30. CIORNEI, Al., - Consideraţii asupra folosirii poliesterilor armaţi cu fibre desticlă în construcţii. Revista Materiale de construcţii, nr.1, 1978.
31. CIORNEI, Al., - Un nou tip de iluminator din poliesteri armaţi cu fibre de sticlă. Revista Construcţii, nr.3, Bucureşti 1978.
32. CIORNEI, Al., ŞTEFĂNESCU, D., POPESCU-DOLJ, S., - Contribuţii la concepţia elementelor de compartimentare interioare, integral din ipsos armat, la clădiri industriale (Stâlpi din IAFS). Revista Construcţii, nr.3, Bucureşti 1978.

33. CIORNEI, Al., - Încercări de durată a unor noi tipuri de structuri din P.A.S. Revista Construcţii, nr. 10, Bucureşti 1980.
34. CIORNEI, Al., - Elemente de construcţii noi din ipsos armat. Revista Construcţii, nr.6-7, Bucureşti 1987.
35. CIORNEI, Al,. - Tipuri noi de pereţi interiori din fâşii de ipsos armat. Revista Construcţii, nr.1-2, Bucureşti 1988.
36. CIORNEI, Al., - Bara din ipsos armat pentru scheletul pereţilor despărţitori. Revista Construcţii, nr.9-10, 1988.
37. CIORNEI, Al., VASILACHE, M., IACOBAN, N., - Ipsos armat cu fibre de sticlă cu adaos de polimeri. Revista Materiale de construcţii, nr.3, Bucureşti 1988.
38. CIORNEI, Al., VASILACHE, M., VORNICU, T., POPEŞTEANU, C., - Panou exterior autoportant din ipsos-beton şi ipsos armat cu fibre de sticlă. Revista Materiale de construcţii, nr. 4, Bucureşti 1988.
39. CIORNEI, Al., ALEXANDRESCU, E., BAIALUS, A., - Consideraţii privind realizarea unor elemente de construcţii din ipsos armat cu fibre de sticlă. Revista Materiale de construcţii, nr.4, Bucureşti 1989.
40. CIORNEI, Al., VASILACHE, M., - Soluţie de reabilitare higrotermică a clădirilor din fondul locativ. Revista Calitatea construcţiilor, nr .4-5, Bucureşti 1991.
41. CIORNEI, Al., - Reinforced plaster with longitudinal ribs elements (Fâşii cu nervuri longitudinale din ipsos armat). Revista Materiale de construcţii, nr. 4, Bucureşti 1991.
42. CIORNEI, Al., VASILACHE, M., - Comportarea mecanică a ipsosului armat cu fibre de sticlă. Revista Materiale de construcţii, nr. 1, Bucureşti 1991.
43. CIORNEI, Al., VIDRAŞCU, I., - Comportarea la curgere lentă ipsosului armat. Revista Materiale de construcţii, nr. 3, Bucureşti 1992.
44. CIORNEI, Al., - A new closure panel on reinforced plaster (Un nou panou de închidere din ipsos armat). Revista Materiale de construcţii, nr. 1, Bucureşti 1993. CIORNEI, Al., VASILACHE, M., - Satisfacerea cerinţelor de confort termic un factor important al calităţii clădirilor. Revista calitate şi disciplină în construcţii, nr. 2-3 (11), Bucureşti 1993.
45. CIORNEI, Al., - Sistemul calităţii în construcţii. Prezentarea institutului de cercetări pentru clădiri din Marea Britanie (Building Research Estabilishment BRE 1991). Revista Calitatea şi disciplina în construcţii, nr. 1, Bucureşti 1993.
46. CIORNEI, Al., ŞTEFĂNESCU, D., P., - Analiza izolării termice a planşeelor cu corpuri din ipsos armat. Revista Materiale de construcţii, nr. 1, Bucureşti 1994.
47. CIORNEI, Al., VASILACHE, M., - Protecţia termică şi economică de energie în exploatare la clădirile din elemente uşoare. Revista Materiale de construcţii, nr. 3, Bucureşti 1994.
48. CIORNEI, Al., - Planşeu din beton cu corpuri ceramice sau din ipsos armat. Revista Materiale de construcţii, nr. 2, Bucureşti 1995.
49. COMŞA, E., TUTU, L., - Construcţii civile, Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, vol I, 1977.
50. COMŞA, E., ş.a. - Proiectarea funcţională şi constructivă a clădirilor de locuit, partea I, Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, 1986.
51. COMŞA, E., ş.a. - Proiectarea funcţională şi constructivă a clădirilor de locuit, partea II, Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, 1987.
52. COMŞA, E., - Construcţii civile, vol I, partea I, II, Universitatea Tehnică, Cluj-Napoca, 1992.
53. COMŞA, E., MOGA, I., - Elemente de higrotermică şi acustica clădirilor - Construcţii civile, partea II, Universitatea Tehnică, Cluj-Napoca, 1992.
54. COTTA, N., L., CORTU, I., ŞERBU, A., - Elemente de construcţii şi case prefabricate din lemn, Editura Tehnică, Bucureşti, 1990.
55. DABIJA, F., - Structuri de rezistenţă la clădiri civile, Universitatea Tehnică de Construcţii, Bucureşti, 1980.
56. DROGEANU, N., NEGOIŢĂ, A., - Clădiri civile, Vol. I, Editura didactică şi pedagogică, 1964.
57. DUMITRAŞ, M., ANDREICA, H., A., - Curs general de construcţii, Editura Universitatea Tehnică, Cluj-Napoca, 1995.
58. DUVAL, E., - Clădiri de locuit fără poluare cu consum redus de energie, Editura Tehnică, Bucureşti, 1997.
59. EICHLER, F., Praktiche Wärme im Hochbau, Verlag für Bauwesen, Berlin, 1964.
60. ENESCU, M., COSTACHE, Al., - Învelitori pentru acoperişuri plate, Edituta Tehnică, Bucureşti, 1966.
61. FOCŞA, V., RADU, A., - Îndrumător pentru lucrări de laborator la clădiri civile şi industriale, Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti 1967.
62. FOCŞA, V., - Clădiri civile (Pereţi, alcătuire, calcul), Universitatea Tehnică Iaşi, 1970.
63. FOCŞA, V., - Clădiri civile (Scări, tâmplărie, pardoseli, finisaje), Universitatea Tehnică Iaşi, 1972.
64. FOCŞA, V., - Clădiri civile (Acoperişuri), Universitatea Tehnică - Iaşi, 1973.
65. FOCŞA, V., - Construcţii civile, vol I, Universitatea Tehnică Iaşi.
66. FOCŞA, V., - Higrotermica şi acustica clădirilor, Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1975.
67. FOCŞA, V., BROŞTEANU, M., - Higrotermica clădirilor, Universitatea Tehnică Iaşi, 1983.
68. FOCŞA, V., DIMOFTE, Z. - Clădiri în climat cald, Editura Tehnică, Bucureşti, 1985.
69. FOCŞA, V., VEREŞ, Al., BLIUC, I., BROŞTEANU, M., - Construcţii civile - Indrumător de proiectare, Universitatea Tehnică Iaşi, 1985.

70. FOCŞA, V., CIORNEI, Al., CIORNEI, N., - Comportarea la încărcarea de durată a unui luminator de suprafaţă mare, din poliesteri armaţi cu fibră de sticlă (Pas), Buletinul Institutului Politehnic din Iaşi, tomul XXIV (XXVIII), fasc. 1-2, Construcţii. Arhitectură. Secţia V,1978.
71. FURDUI, C., MIREAN, R., - Construcţii, Universitatea "Politehnică" Timişoara, 1994.
72. GAVRILAŞ, I., - Curs general de construcţii, Universitatea Tehnică Iaşi, 1985.
73. GAVRILAŞ, I., - Fizica construcţiilor. Reabilitarea higrotermică a clădirilor, Editura "GERMI" Iaşi, 1999.
74. GEORGESCU, I., G., - Clădiri înalte cu structuri rigide Vol. I,II, Universitatea Tehnică Iaşi, 1975.
75. GHEORGHIŢĂ, L., MOHR, A., - Finisaje de protecţie la construcţii industriale în medii agresive, Editura Tehnică, Bucureşti, 1966.
76. GHEORGHIU, F., GRUNAU, R., - Funcţionalitatea şi protecţia faţadelor, Bucureşti, C.D.C.A.S., 1977.
77. GHIOCEL, D., DABIJA, F., DARIE, M., ISPAS, M., NICOLAU, V., DEMIR, V., POPESCU, L., ASANACHE, H., VIERESCU, R., - Construcţii civile, Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1985.
78. GHIOCEL, D., LUNGU, D., - Acţiunea vântului, zăpezii şi a variaţilor de temperatură în construcţii, Bucureşti, Editura Tehnică, 1972.
79. GIURGIU, I., - Construcţii Curs general, Vol. 1-5, Universitatea Tehnică Cluj, 1973.
80. GRUNER, I., ş.a. - Curs de clădiri civile, vol. 2, Universitatea Tehnică Timişoara,1969.
81. HANDISYDE, C.,C., - Building Materials, Science and Practice, The Architectural Press, London, 1969.
82. HANGAN, M., - Construcţii din beton armat, Editura Tehnică, 1963.
83. HANGAN, S., CRAINIC, L., - Concepte şi metode energetice în dinamica construcţiilor, Editura Academiei R.S.R., 1980.
84. HARDT, D., - Materiale pentru construcţii şi finisaje, Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1976.
85. HARDT, D.,- Proiectarea detaliilor de finisaj, Editura Tehnică, Bucureşti, 1974.
86. HERTD, D., - Proiectarea detaliilor de construcţii. Editura Tehnică,1973.
87. IANCA, I., S., - Construcţii pentru transporturi, Universitatea Tehnică Timişoara, 1992.
88. IFRIM, M., - Analiza dinamică a structurilor şi inginerie seismică, Editura didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1979.
89. IONESCU, I., ISPAS, T., - Proprietăţile şi tehnologice betoanelor, Editura Tehnică, Bucureşti, 1987.
90. IPSAS, M., POPESCU, L., - Planşee, Universitatea Tehnică de Construcţii, Bucureşti, 1977.
91. IRHAŞIU, V., A., - Construcţii, Universitatea "Politehnică", Timişoara, partea I (1983), II (1985), III (1994).
92. IUDIN, E., - Izolarea împotriva zgomotelor, Editura Tehnică, Bucureşti, 1968.
93. IVIANSCHI, A., M., OVECIACHIE, A., M., - Elemente de construcţii, vol III - Construcţii de beton armat şi de ****, Editura CFR, 1953.
94. JERGHIUŢĂ, V., A, SECU, A., DECHER, E., - Elemente de proiectare pentru construcţii agricole, Universitatea Tehnică, Iaşi, 1989.
95. JERGHIUŢĂ, V., A., - Construcţii agricole, Universitatea Tehnică, Iaşi, 1973.
96. MÎRŞU, O., FRIEDRICH, R., - Construcţii din beton armat,Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1980.
97. MARUSCIAC, D., - Construcţii civile, Editura Tehnică, Bucureşti, 1998.
98. MARUSCIAC, D., ANDREICA, H., A., - Construcţii din lemn, Uiversitatea Tehnică, Cluj-Napoca, 1994.
99. MARUSCIAC, D., DARIE, M., JERGHIUŢĂ, V., A., - Construcţii agricole, Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1982.
100. MARUSCIAC, D., TUTU, L., DUMITRAŞ, M., - Construcţii civile, vol. II, Universitatea Tehnică, Cluj-Napoca, 1986.
101. MIHĂESCU, A., ş.a. - Construcţii civile, vol. I, II, Universitatea "Politehnică", Timişoara, 1990.
102. MOAVENZADEH, F., - Concise Enciclopedia of Building and Construction Materials, Pergomon Press, Oxford, England, 1990.
103. MOISESCU, A., SĂFTOIU, E., - Betonul în arhitectură, Editura Tehnică, 1964.
104. MULLER, W., K., - Bawentwurfs Taschenbuch, Band, Verlag für Bauwesen, Berlin, 1972.
105. MUNTEANU, I., I., - Structuri pentru construcţii, vol. I, II, Editura Academiei, Bucureşti, 1983.
106. NĂVODARIU, M., - Faţade-cortină-sinteză documentară, CDCAS,1972.
107. NEGOIŢĂ, Al., CIORNEI, Al., AUR, BUDESCU, M., - Comportarea materialelor şi a construcţiilor din zidărie portantă la acţiuni seismice în oraşul Iaşi. Buletinul Universitatea Tehnică din Iaşi, tomul XXIV (XXVIII), fasc. 3-4, Construcţii. Arhitectură, 1978.
108. NEGOIŢA, Al., FOCŞA, V., RADU. A., POP, I., ŢUŢU, L., DUMITRAŞ, M., NEGOIŢA, I., - Construcţii civile, Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1976.
109. NEUFERT, Al., - Les elements des projets de construction, Dunod, Paris, 1976.
110. NEVILLE, A., M., - Proprietăţile betonului, Editura Tehnică, Bucureşti, 1980.
111. NICULESCU, D., D., - Executarea clădirilor de locuit din panouri mari, Editura Tehnică, Bucureşti, 1961.
112. NICULESCU, P., - Curs general de construcţii, partea I, Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1965.
113. PAPAE, R., M., - Construcţii, tehnică şi artă, Editura Tehnică, Bucureşti, 1989.

114. PAULAY, Th., BACHMANN, H., MOSER, K., - Proiectarea structurilor de beton armat la acţiuni seismice, Editura Tehnică, Bucureşti, 1997.
115. PEŞTIŞANU, C., DARIE, M., POPESCU, L., VOICULESCU, M.,. - Construcţii civile, industriale şi agricole, Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1981.
116. PEŞTIŞANU, C., - Construcţii, Bucureşti Editura didactică şi pedagogică, 1979.
117. POP, I., TUTU, L. - Clădiri, partea I, Univeritatea Tehnică Cluj-Napoca, 1975.
118. POP, M., V., - Construcţii industriale, Univeritatea Tehnică Cluj-Napoca, 1985.
119. POPESCU, V., PĂTÎRNICHE, N., CHESARU, E., - Calitatea şi siguranţa construcţiilor,Editura Tehnică,Bucureşti, 1987.
120. PRECUPAN, D., - Rezistenţa construcţiilor, Universitatea Tehnică Iasi, 1984.
121. RADU, A., RADU, V., - Îndrumător aerodinamica construcţiilor, Univeritatea Tehnică Iaşi, 1981.
122. RADU, A., SARDINO, R., - Clădiri, Univeritatea Tehnică Iaşi, vol. I (1972), II (1974).
123. RADU, A., VEREŞ, Al., - Construcţii civile, parte I, Universitatea Tehnică - Iaşi, 1985.
124. RICCI, M., RICCI, T., - Introducere în acustica arhitecturală, Editura Tehnică, Bucureşti, 1974.
125. SALVADORI, M., - Construcţii. Lupta împotriva gravitaţiei, Editura Albatros, Bucureşti, 1983.
126. SALVADORI, M., - Mesajul structurilor, Editura Tehnică, Bucureşti, 1991.
127. SIEGEL, C., - Forme structurale ale arhitecturii moderne, Editura Tehnică, 1968.
128. SILION, T., - Geologie, geotehnică şi fundaţii, Universitatea Tehnică - Iaşi, 1973.
129. SIMIONICI, M., DOERESCU, C., - Betonul celular autoclavizat, Editura Tehnică, Bucureşti, 1964.
130. SMIGELSCHI, M., ş.a. - Proiectarea faţadelor cu elemente prefabricate, Bucureşti, Editura Tehnică,1983.
131. STEIGER, E., BUSH, K.F., - Meyers Taschenlexikon Bauthechnik, VEB Bibliographisches Institut, Leipzig, Germania, 1978.
132. STOIAN, V., - Higrotermica şi acustica construcţiilor, Editura Universitatea Tehnică Timişoara, 1979.
133. STOIAN, V., TUDOR, D., - Construcţii civile, Editura Universitatea Tehnică Timişoara, vol. II, 1983.
134. STOIAN, V., CLIPII, T., - Proiectarea asistată de calculator în construcţii (Îndrumar pentru proiectare, partea I, II), Editura Universitatea Tehnică Timişoara, 1995.
135. STRĂTESCU, I., - Breviar de defecte în construcţii, Editura Tehnică, Bucureşti, 1990.
136. SUMAN, R., GHIBU, M., GHEORGHIU, N., OARĂ, C., OŢEL, A., - Tehnologii moderne în construcţii, vol I,II,III, Editura Tehnică, Bucureşti, 1988.
137. ŞTEFĂNESCU, D., VELICU, C., - Clădiri civile, Editura Experţilor Tehnici, Iaşi 1997.
138. TOLOGEA, S., - Accidente şi avarii în construcţii, Editura Tehnică, Bucureşti, 1980.
139. TRELEA, A., - Tehnologia construcţiilor, Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1975.
140. TUDOR, F., D., - Construcţii civile, industriale şi agricole, Universitatea Tehnică Timişoara, 1986.
141. TUDOR, D., - Construcţii în transporturi, Universitatea Tehnică Timişoara, 1990.
142. TUDOR, D., STOIAN, V., - Construcţii civile, vol. I, Editura Universitatea Tehnică Timişoara, 1979.
143. TUDOR, D., ş.a. - Îndrumător de laborator la construcţii civile, Universitatea "Politehnică" Timişoara, 1991.
144. VAITEANU, D., DĂRĂBONŢ, Al., IANA, M., MUNTEANU, M., COSTESCU, M., - Circulaţia şi poluarea mediului urban, Editura Tehnică, Bucureşti, 1983.
145. VASILACHE, M., IONESCU VASILACHE, GH. - Protection de l'Environnement.Protecţia mediului, Editura Experţilor Tehnici, Iaşi, 1998
146. VASILACHE, M.,VELICU,C. - Ghid pentru reabilitarea termică a clădirilor de locuit, Editura Expertilor Tehnici, Iasi, 1997
147. VASILESCU, G., MIERLIŢĂ, M., - Iluminarea naturală şi artificială la clădirile civile şi de producţie, Editura Tehnică, Bucureşti, 1984.
148. VELICU, C., - Curs general de construcţii, Universitatea Tehnică, Iaşi, 1995.
149. VELICU, C., - Elemente de sistematizare şi urbanism, Editura Experţilor Tehnici, 1997
150. VEREŞ, AL., POPPEL, M., BERVIN, V., - Îndrumător pentru proiectul de clădiri civile, Universitatea Tehnică Iaşi, 1965.
151. VEREŞ, AL., - Construcţii, partea I, Universitatea Tehnică Iaşi, 1976.
152. VERNESCU, D., ENE, Al., - Însoţirea şi iluminarea naturală în arhitectură şi urbanism, Bucureşti, Editura Tehnică, 1977.
153. WEGNER, N., - Elemente de proiectare acustică în construcţii, Editura Academiei, Bucureşti, 1960.